

# Razvoj modela za smanjenje emisija amonijaka mliječnih goveda korištenjem tehnologija preciznog mliječnog govedarstva

---

Gavran, Mirna

Doctoral thesis / Disertacija

2024

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek /  
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:773501>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-22**



Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet  
agrobiotehničkih  
znanosti Osijek**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical  
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of  
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



REPUBLIKA HRVATSKA  
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

**Mirna Gavran, univ. mag. ing. agr.**

**RAZVOJ MODELA ZA SMANJENJE EMISIJA AMONIJAKA  
MLIJEČNIH GOVEDA KORIŠTENJEM TEHNOLOGIJA PRECIZNOG  
MLIJEČNOG GOVEDARSTVA**

DOKTORSKI RAD

Osijek, 2024.

REPUBLIKA HRVATSKA  
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

**Mirna Gavran, univ. mag. ing. agr.**

**RAZVOJ MODELA ZA SMANJENJE EMISIJA AMONIJAKA  
MLIJEČNIH GOVEDA KORIŠTENJEM TEHNOLOGIJA PRECIZNOG  
MLIJEČNOG GOVEDARSTVA**

- Doktorski rad -

Osijek, 2024.

REPUBLIKA HRVATSKA  
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

**Mirna Gavran, univ. mag. ing. agr.**

**RAZVOJ MODELA ZA SMANJENJE EMISIJA AMONIJAKA  
MLIJEČNIH GOVEDA KORIŠTENJEM TEHNOLOGIJA PRECIZNOG  
MLIJEČNOG GOVEDARSTVA**

- Doktorski rad -

Mentor: prof. dr. sc. Vesna Gantner

**Povjerenstvo za ocjenu:**

- 1. prof. dr. sc. Zvonimir Steiner, redoviti profesor u trajnom izboru, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, predsjednik**
- 2. doc. dr. sc. Dragan Solić, docent, Biotehnički odjel, Sveučilište u Slavanskom Brodu, član**
- 3. prof. dr. sc. Muhamed Brka, redoviti profesor u trajnom izboru, Poljoprivredno-prehrambeni fakultet, Univerzitet u Sarajevu, član**

Osijek, 2024.

REPUBLIKA HRVATSKA  
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

**Mirna Gavran, univ. mag. ing. agr.**

**RAZVOJ MODELA ZA SMANJENJE EMISIJA AMONIJAKA  
MLIJEČNIH GOVEDA KORIŠTENJEM TEHNOLOGIJA PRECIZNOG  
MLIJEČNOG GOVEDARSTVA**

- Doktorski rad -

Mentor: prof. dr. sc. Vesna Gantner

**Javna obrana doktorske disertacije održana je 17.12.2024. godine pred**

**Povjerenstvom za obranu:**

- 1. prof. dr. sc. Zvonimir Steiner, redoviti profesor u trajnom izboru, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, predsjednik**
- 2. doc. dr. sc. Dragan Solić, docent, Biotehnički odjel, Sveučilište u Slavonskom Brodu, član**
- 3. prof. dr. sc. Muhamed Brka, redoviti profesor u trajnom izboru, Poljoprivredno-prehrambeni fakultet, Univerzitet u Sarajevu, član**

Osijek, 2024.

## **TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA**

---

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Doktorski rad

Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek  
Doktorski studij: Poljoprivredne znanosti  
Modul: Stočarstvo

UDK:

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti  
Znanstveno polje: Poljoprivreda

**Razvoj modela za smanjenje emisija amonijaka mliječnih goveda korištenjem tehnologija preciznog mliječnog govedarstva**

**Mirna Gavran, univ. mag. ing. agr.**

Doktorski rad je izrađen na Sveučilištu Josipa Jurja Strossmayera Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek.

Mentor: Prof. dr. sc. Vesna Gantner

Cilj doktorskog rada bio je procijeniti varijabilnost dnevne proizvodnje mlijeka, sadržaja ureje, sadržaja dušika u ureji mlijeka i procijenjenih emisija amonijaka kod mliječnih krava te razviti model za optimizaciju hranidbe za smanjenje emisija amonijaka, promovirajući održivu proizvodnju mlijeka kroz precizno mliječno govedarstvo. Korištena je opsežna baza podataka od 3.953.637 zapisa na kontrolni dan za Holstein krave od 1.1.2005. do 31.12.2022. Analiza sa SAS/STAT softverom otkrila je značajnu fenotipsku varijabilnost u proizvodnji i sastavu mlijeka. Čimbenici poput sezone, regije uzgoja, stadija i redoslijeda laktacije značajno su utjecali na proizvodne karakteristike. Daljnje analize otkrile su značajnu varijabilnost u unosu suhe tvari, metaboličkoj energiji, metaboličkom proteinu, kalciju, fosforu i drugim hranidbenim parametrima među farmama i sezonama. Analize korelacija pokazale su slab odnos između proizvodnje mlijeka i emisije amonijaka, što ukazuje kako povećana proizvodnja mlijeka nije nužno povezana s većim emisijama amonijaka. Hranidbeni parametri poput unosa suhe tvari i metaboličke energije imali su mali utjecaj na emisiju amonijaka, dok su odnosi s kalcijem, fosforom i vlaknima bili slabi. Ovo sugerira moguće smanjenje emisija amonijaka kroz metode optimizacije koje nisu samo usmjerene na prilagodbu hranidbenih parametara. Statistički modeli koji uključuju čimbenike poput stadija laktacije, redoslijeda laktacije, sezone i regije uzgoja poboljšali su sposobnost objašnjavanja varijabilnosti emisije amonijaka. Međutim, značajna količina neobjašnjene varijabilnosti ostala je prisutna, a najopsežniji model (Model E) pokazao je najveću sposobnost objašnjavanja, ali i visoku varijancu pogrešaka, što ukazuje na potrebu za razvijanjem naprednijih modela. Modeli temeljeni na kemijskom sastavu krmiva, uključujući unos suhe tvari, metionin, lizin i ukupna vlakna, imali su ograničenu sposobnost objašnjavanja varijabilnosti emisije amonijaka. Iako dodavanje dodatnih varijabli poput redoslijeda laktacije, sezone i farme donosi određena poboljšanja, visoka varijanca pogrešaka ostaje, što ukazuje na potrebu za daljnjim istraživanjima kako bi se razvili učinkovitiji modeli i tehnike za optimizaciju smanjenja emisija amonijaka.

**Broj stranica: 218**

**Broj slika: 2**

**Broj tablica: 39**

**Broj literaturnih navoda: 125**

**Jezik izvornika: hrvatski**

**Ključne riječi: mliječno govedarstvo, emisija amonijaka, kontrola mliječnosti**

**Datum obrane: 17. prosinca 2024.**

**Povjerenstvo za obranu:**

**1. prof. dr. sc. Zvonimir Steiner – predsjednik**

**2. doc. dr. sc. Dragan Solić – član**

**3. prof. dr. sc. Muhamed Brka – član**

**Doktorski rad pohranjen je u:** Nacionalna i sveučilišna knjižnica u Zagrebu, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Sveučilište u Zagrebu, Sveučilište u Rijeci, Sveučilište u Splitu

## **BASIC DOCUMENTATION CARD**

---

**University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek**

**PhD thesis**

**Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek**

**Doctoral study: Agricultural sciences**

**Course: Animal husbandry**

**UDK:**

**Scientific Area: Biotechnical Sciences**

**Scientific Field: Agriculture**

**Development of a model for reducing ammonia emissions of dairy cattle using precision dairy farming technologies**

**Mirna Gavran, M. Eng. Sc., Agriculture**

**Thesis performed at University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek.**

**Supervisor: Prof. dr. sc. Vesna Gantner**

The aim of the doctoral thesis was to assess the variability of daily milk production, urea content, urea nitrogen in milk and estimated ammonia emissions in dairy cows and to develop a model for optimizing feeding to reduce ammonia emissions, promoting sustainable milk production through precision dairy farming. An extensive database of 3,953,637 records was used on the control day for Holstein cows from 1.1.2005 to 31.12.2022. Analysis with SAS/STAT software revealed significant phenotypic variability in milk production and composition. Factors such as season, breeding area, lactation stage and sequence significantly influenced production characteristics. Further analyses revealed significant variability in dry matter intake, metabolizable energy, metabolizable protein, calcium, phosphorus and other nutritional parameters across farms and seasons. Correlation analyses showed a weak relationship between milk production and ammonia emissions, indicating that increased milk production is not necessarily correlated with higher ammonia emissions. Nutritional parameters such as dry matter intake and metabolic energy had minimal effects on ammonia emissions, while the relationships with calcium, phosphorus and fibre were weak. This suggests that reductions in ammonia emissions can be achieved by optimization methods beyond simple dietary adjustments. Statistical models that include factors such as stage of lactation, sequence, season and region of production improved the ability to explain the variability in ammonia emissions. However, significant unexplained variability remained, with the most comprehensive model (Model E) showing the highest explanatory power, but also a high error variance, indicating the need for more advanced models. Models based on dietary chemical composition, including dry matter intake, methionine, lysine and total fibre, had limited explanatory power. Although the inclusion of additional variables such as lactation order, season and farm led to some improvement, high error variance is still present, indicating the need for further research to develop more effective models and techniques for optimizing ammonia emission reduction.

**Number of pages: 218**

**Number of figures: 2**

**Number of tables: 39**

**Number of references: 125**

**Original in: croatian**

**Key words: dairy cattle breeding, ammonia emission, milk recording**

**Date of the thesis defense: December 17, 2024**

**Reviewers:**

1. **PhD Zvonimir Steiner, Full Professor** – president
2. **PhD Dragan Solić** – member
3. **PhD Muhamed Brka, Full Professor** – member

**Thesis deposited in:** National and University Library, University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek, University of Zagreb; University of Rijeka; University of Split

## ZAHVALA

*Ovom prilikom želim izraziti duboku zahvalnost svima koji su mi bili podrška tijekom pisanja ovog doktorata i cjelokupnog znanstveno-istraživačkog rada.*

*Ovaj rad ne bi bio moguć bez ljubavi i razumijevanja moje obitelji.*

*Ovaj doktorat posvećujem svojim roditeljima, Marijanu i Vesni, a posebno svojoj mami Vesni, predivnoj i snažnoj ženi koja je uvijek bila uz mene.*

*Mama, tvoja nesebična ljubav, nepokolebljiva podrška i beskrajna posvećenost obitelji pokazali su mi što znači prava snaga. Uvijek si bila tu za mene, u svakom trenutku i za sve, pružajući mi sigurnost, podršku i inspiraciju. Tvoja prisutnost u mom životu oblikovala me i dala mi snagu da postignem sve ono što sam danas.*

*Hvala ti što si obitelj uvijek stavljala na prvo mjesto i bila mi najveća podrška.*

*Tata, hvala ti na tvojoj ljubavi, podršci i svemu što si učinio kako bi mi pomogao da postignem svoje ciljeve.*

*Ova disertacija je simbol vaše ljubavi, vjere i žrtava koje ste podnijeli za mene.*

*Na kraju, želim zahvaliti svim svojim prijateljima koji su na bilo koji način doprinijeli ostvarenju ovog cilja. Vaša podrška i vjera u mene ostaju neizbrisiv dio mog putovanja.*

*S beskrajnom zahvalnošću i ljubavlju,*

*Mirna*



# KAZALO

1. UVOD.....	1
1.1. Opći pregled literature.....	2
1.2. Proizvodne karakteristike mliječnih krava.....	8
1.3. Unos hrane i hranidbeno ponašanje kod goveda.....	9
1.4. Probava hranjivih tvari u buragu.....	11
1.4.1. Probava proteina u buragu goveda.....	12
1.4.2. Iskorištavanje energije i proteina u organizmu goveda.....	13
1.5. Ključni minerali u hranidbi mliječnih goveda.....	15
1.6. Značaj aminokiselina u obrocima goveda.....	16
1.7. Cilj istraživanja.....	18
2. MATERIJAL I METODE RADA.....	20
3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA.....	26
3.1. Analiza varijabilnosti proizvodnih karakteristika (dnevna količina te sastav mlijeka) mliječnih krava pod uzgojno selekcijskim radom.....	26
3.2. Analiza varijabilnosti kemijskog sastava krmiva u obroku na odabranim mliječnim govedarskim farmama.....	46
3.3. Određivanje povezanosti između istraživanih grupa svojstava.....	86
3.4. Razvoj i odabir optimalnih statističkih modela za procjenu emisije amonijaka pojedinog grla u proizvodnji temeljem podataka redovne kontrole proizvodnosti.....	99
3.5. Razvoj i odabir optimalnih statističkih modela za procjenu utjecaja hranidbe krava odnosno kemijskog sastava pojedinih krmiva u obroku na emisiju amonijaka.....	130
3.6. Izrada modela optimizacije sastavljanja obroka za mliječne krave kojima se može utjecaji na smanjenje emisije amonijaka sa farmi mliječnih krava.....	134
4. RASPRAVA.....	137
4.1. Analiza varijabilnosti proizvodnih karakteristika (dnevna količina te sastav mlijeka) mliječnih krava pod uzgojno selekcijskim radom.....	137
4.2. Analiza varijabilnosti kemijskog sastava krmiva u obroku na odabranim mliječnim govedarskim farmama.....	144
4.3. Određivanje povezanosti između istraživanih grupa svojstava.....	167
4.4. Razvoj i odabir optimalnih statističkih modela za procjenu emisije amonijaka pojedinog grla u proizvodnji temeljem podataka redovne kontrole proizvodnosti.....	175
5. ZAKLJUČCI.....	197
6. LITERATURA.....	199
7. SAŽETAK.....	210

8. SUMMARY .....	212
9. PRILOG .....	214

## POPIS KRATICA KORIŠTENIH U TEKSTU

<b>aNDVot</b>	Neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom ( <i>engl. amylase neutral detergent fiber organic matter</i> )
<b>aNDVot TM</b>	Neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom na osnovi tjelesne mase ( <i>engl. amylase neutral detergent fiber organic matter based on body weight</i> )
<b>BMP</b>	Bakterijski metabolički protein ( <i>engl. bacterial metabolic protein</i> )
<b>Ca, %Rqd</b>	Kalcij, postotak potrebnog ( <i>engl. calcium, percentage of required</i> )
<b>Ca Balans, g/dan</b>	Balans kalcija u odnosu na potrebe, višak u gramima ( <i>engl. calcium balance</i> )
<b>DKM</b>	Dnevna količina mlijeka ( <i>engl. daily milk yield</i> )
<b>DKMM</b>	Dnevna količina mliječne masti ( <i>engl. daily amount of milk fat</i> )
<b>DKP</b>	Dnevna količina proteina ( <i>engl. daily amount of protein</i> )
<b>DMI</b>	Unos suhe tvari ( <i>engl. dry matter intake</i> )
<b>DSMM</b>	Dnevni sadržaj mliječne masti ( <i>engl. daily milk fat</i> )
<b>DSP</b>	Dnevni sadržaj proteina ( <i>engl. daily milk protein</i> )
<b>EA</b>	Dnevna emisija amonijaka ( <i>engl. ammonia emission</i> )
<b>EE</b>	Eterski ekstrakt (mast) ( <i>engl. etheric extract</i> )
<b>FAO</b>	Organizacija za hranu i poljoprivredu ( <i>engl. Food and Agriculture Organization</i> )
<b>FAOSTAT</b>	Statistički podaci FAO-a ( <i>engl. Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database</i> )
<b>FAZOS</b>	Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek ( <i>engl. Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek</i> )
<b>feNDV</b>	Fizički efektivna neutralna deterdžent vlakna ( <i>engl. physically effective neutral detergent fiber</i> )
<b>HAPIH</b>	Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu ( <i>engl. Croatian Agency for Agriculture and Food</i> )
<b>ICAR</b>	Međunarodna organizacija za kontrolu proizvodnosti domaćih životinja ( <i>engl. International Committee for Animal Recording</i> )
<b>KDV</b>	Kisela deterdžent vlakna ( <i>engl. acid detergent fiber</i> )
<b>Konzumirana ST</b>	Konzumirana suha tvar ( <i>engl. inputted dry matter intake</i> )
<b>KV</b>	Koeficijent varijabilnosti ( <i>engl. coefficient of variability</i> )
<b>LYS</b>	Lizin ( <i>engl. lysine</i> )
<b>MAX</b>	Maksimum ( <i>engl. maximum</i> )
<b>ME</b>	Metabolička energija ( <i>engl. metabolizable energy</i> )
<b>ME PKM</b>	Predikcija proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličke energije ( <i>engl. prediction of milk production based on metabolizable energy</i> )
<b>ME PKM/ST</b>	Količina suhe tvari za kilogram mlijeka na osnovi metaboličke energije ( <i>engl. amount of dry matter per kg of milk based on metabolizable energy</i> )
<b>MET</b>	Metionin ( <i>engl. methionine</i> )
<b>MIN</b>	Minimum ( <i>engl. minimum</i> )
<b>MP</b>	Metabolički protein ( <i>engl. metabolizable protein</i> )
<b>MP PKM</b>	Predikcija proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličkog proteina ( <i>engl. prediction of milk production based on metabolizable protein</i> )

<b>MP PKM/ST</b>	Količina suhe tvari za kilogram mlijeka na osnovi metaboličkog proteina ( <i>engl. amount of dry matter per kg of milk based on metabolic protein</i> )
<b>MSP</b>	Mikrobni sirovi protein ( <i>engl. microbial crude protein</i> )
<b>MUN</b>	Sadržaj dušika u ureji mlijeka ( <i>engl. milk urea nitrogen</i> )
<b>N</b>	Apsolutni broj krava
<b>NDV</b>	Neutralna deterdžent vlakna ( <i>engl. neutral detergent fiber</i> )
<b>NDV voluminoza</b>	Neutralna deterdžent vlakna iz voluminoznih krmiva ( <i>engl. forage neutral detergent fiber</i> )
<b>NDV voluminoza TM</b>	Neutralna deterdžent vlakna iz voluminoznih krmiva na osnovi tjelesne mase ( <i>engl. forage neutral detergent fiber based on body weight</i> )
<b>NDV voluminoza/ukupni NDV</b>	Udio NDV-a iz voluminoze u ukupnom NDV-u ( <i>engl. forage neutral detergent fiber in total neutral detergent fiber</i> )
<b>NEL</b>	Neto energija za laktaciju ( <i>engl. Net Energy for lactation</i> )
<b>P, %Rqd</b>	Fosfor, postotak potrebnog ( <i>engl. phosphorus, percentage of required</i> )
<b>P Balans, g/dan</b>	Balans fosfora u odnosu na potrebe, višak u gramima ( <i>engl. phosphorus balance</i> )
<b>Predviđena ST</b>	Predviđen unos suhe tvari ( <i>engl. predicted dry matter intake</i> )
<b>Proizvedena KM</b>	Proizvedena količina mlijeka ( <i>engl. the amount of milk produced</i> )
<b>RNP</b>	U rumenu nerazgradivi proteini ( <i>engl. diet rumen undegradable protein</i> )
<b>RRP</b>	U rumenu razgradivi proteini ( <i>engl. diet rumen degradable protein</i> )
<b>SD</b>	
<b>SE</b>	Standardna pogreška ( <i>engl. standard error</i> )
<b>SLKM</b>	Središnji laboratorij za kontrolu mlijeka ( <i>engl. Centre for Quality Control of Livestock Products</i> )
<b>SP</b>	Sirovi protein obroka ( <i>engl. diet crude protein</i> )
<b>TMR</b>	Potpuno izmiješani obrok ( <i>engl. total mixed ration</i> )
<b>UREJA</b>	Dnevni sadržaj ureje u mlijeku ( <i>engl. daily content of urea in milk</i> )

## 1. UVOD

Stočarstvo značajno doprinosi globalnoj poljoprivrednoj ekonomiji te je glavni izvor ruralnog života i sigurnosti hrane. Povećanjem globalne ljudske populacije raste i potražnja za potrebnim prehrambenim proizvodima životinjskog podrijetla poput jaja, mlijeka i mesa. Mlijeko ima još veći značaj zbog svoje visoke hranjive vrijednosti. Prema procjenama, ljudska populacija premašit će do 2050. godine 9 milijardi stanovnika, što s aspekta proizvodnje hrane podrazumijeva porast potreba u iznosu od 50 – 60 % u usporedbi sa sadašnjom razinom potrošnje. Nadalje, stanovništvo postaje bogatije te ujedno i sklonije odabiru proizvoda životinjskog podrijetla, preferirajući meso, mlijeko i jaja. Ako se trenutačne navike potrošača te načini organizacije proizvodnje ne promijene, velika je vjerojatnost značajnog porasta nesigurnosti opskrbe hranom na globalnoj razini. Rješenje za navedenu situaciju prije svega je održiva intenzifikacija stočarske proizvodnje odnosno povećanje ukupnog broja životinja, povećanje gustoće životinja na farmi, povećanje proizvodnosti po životinje te smanjenje broja zaposlenika po životinji na pojedinoj farmi. Utjecaj stočarstva na okoliš - osobito na klimu i ekosustave - značajan je problem u vrijeme intenziviranja i konsolidacije stočarske proizvodnje. Emisija stakleničkih plinova iz stočarske proizvodnje nedvojbeno doprinosi klimatskim promjenama, a među njima je i amonijak. Amonijak predstavlja moguću opasnost s aspekta zdravlja ljudi, životinja te okoliša. Nadalje, precizno mliječno govedarstvo predstavlja uporabu tehnologija za mjerenje proizvodnih i fizioloških parametara te ponašanja svake pojedine životinje na farmi. Korištenje preciznih tehnologija u mliječnom govedarstvu omogućuje ostvarenje navedenih ciljeva bez (previše) dodatnog uloženog rada, što postaje sve važnije na farmama mliječnih krava. Primjeri preciznih tehnologija u mliječnom govedarstvu uključuju sustave za praćenje: količine i sastava mlijeka te indikatora provodljivosti mlijeka; ocjenu tjelesne kondicije; aktivnosti životinja; ponašanja pri ležanju i spavanju; spolnog ciklusa i detekciju vremena osjemenjivanja. Glavni cilj istraživanja je utvrđivanje varijabilnosti dnevne proizvodnje mlijeka, dnevnog sadržaja ureje, sadržaja dušika u ureji mlijeka te procijenjene dnevne emisije amonijaka mliječnih krava te na temelju dobivenih rezultata, razvoj modela optimizacije hranidbe mliječnih krava kojima se može utjecati na smanjenje emisije amonijaka s mliječno govedarskih farmi omogućujući time ekološki i ekonomski održivu proizvodnju mlijeka uporabom tehnologija preciznog mliječnog govedarstva.

## 1.1. Opći pregled literature

Utjecaj stočarstva na okoliš - osobito na klimu i ekosustave - značajan je problem u vrijeme intenziviranja i konsolidacije stočarske proizvodnje. Proizvodnja hrane od životinja znatno se ubrzala u posljednjih 100 godina, kao odgovor na povećanu potražnju, posebno u zemljama u razvoju (Steinfeld i sur., 2006.; FAO, 2009., Dopelt i sur., 2019.). Značajni pokretači rasta sektora su gospodarski rast, rast dohotka, urbanizacija i rast stanovništva. Prema najnovijem izvještaju Odjela za stanovništvo Ujedinjenih naroda, broj stanovnika Zemlje trenutačno iznosi 8 milijardi ljudi, što je najveći broj u povijesti našeg planeta. UN-ov Odjel za stanovništvo procijenio je budući broj stanovnika zemalja svijeta na temelju trenutačnih demografskih trendova. Prema UN-ovom izvješću za 2024. godinu, predviđa se da će svjetska populacija doseći 8,1 milijardu u 2024., oko 9,6 milijardi do 2050. i približno 10,2 milijarde do 2100. godine (UN-DESA, 2024.), što s aspekta proizvodnje hrane podrazumijeva porast potreba u iznosu od 50 – 60 % u usporedbi sa sadašnjom razinom potrošnje. Opseg proizvodnje, napredak u genetici i hranidbi te sposobnost pretvorbe biljne hrane u proizvode bogate visokokvalitetnim izvorima energije, proteinima te drugim hranjivim tvarima za ljudsku prehranu svrstavaju govedarstvo u sam vrh animalne proizvodnje, posebno u uvjetima koji omogućuju proizvodnju i učinkovito iskorištavanje voluminozne krme (Domaćinović i sur., 2015.). Moderne pasmine goveda s naprednim genetskim potencijalom zahtijevaju pažljiv i sofisticiran pristup u držanju, a posebno u hranidbi, radi postizanja optimalnog iskorištenja njihovog genetskog potencijala u svim fazama biološkog i proizvodnog ciklusa. U tom kontekstu ključnu ulogu ima precizna hranidba, koja omogućuje optimalnu proizvodnju, smanjuje emisiju štetnih tvari u okoliš te minimizira zdravstvene poremećaje. Optimizacija strukture obroka, u kombinaciji s pravilnom agrotehnikom, pravovremenim i adekvatnim korištenjem te obradom krmiva radi poboljšanja njihove probavljivosti, predstavlja važan segment u hranidbi goveda. Upravo ovo područje nudi prostor za učinkovitiju i ekološki prihvatljiviju proizvodnju mlijeka i mesa goveda. Hranidba prilagođena potrebama životinja smanjuje negativan utjecaj na okoliš smanjenjem emisije stakleničkih plinova te omogućuje bolje iskorištenje dušika i fosfora iz obroka, čime se minimizira njihov štetan utjecaj na ekosustav. Razumijevanje procesa degradacije i sinteze hranjivih tvari u buragu te kinetike probave ključno je za učinkovitiju pretvorbu hranjivih tvari biljnog podrijetla u mlijeko i meso. Napredak u ovom području postignut je zahvaljujući korištenju kvalitetnijih izvora hrane, uključujući one koji su izravno prikladni za ljudsku prehranu. Procjene pokazuju da će do 2050. godine čak 40 % proizvedenih žitarica biti namijenjeno hranidbi domaćih životinja, većinom nepreživača.

Izazov leži u maksimalnom iskorištavanju komparativne prednosti goveda kao preživača te unapređenju konverzije vlaknaste hrane, poput voluminoznih krmiva i različitih nusproizvoda, u mlijeko i meso, čime bi ova hrana mogla činiti ključni ili čak potpuni dio hranidbenih sustava (Domaćinović i sur., 2015.). Hranidba goveda ima višestruku ulogu, a jedna od ključnih je smanjenje negativnog utjecaja na okoliš. Značajan udio zagađivača okoliša potječe iz farmi, posebno iz aktivnosti povezanih s hranidbom životinja. Većina emisija povezanih sa stočarstvom je u obliku ugljičnog dioksida (CO<sub>2</sub>), dušikovog oksida (N<sub>2</sub>O), metana (CH<sub>4</sub>) i amonijaka (NH<sub>3</sub>) (Leyton i sur., 2011.; Russell i sur., 2014.; Dopelt i sur., 2019.). Prema FAO-u (2009.) i Domaćinoviću i sur. (2015.), stočarstvo je odgovorno za 9 % antropogenih emisija ugljičnog dioksida, 37-52 % emisija metana i 65-84 % emisija dušičnog oksida, pri čemu je hranidba goveda, zbog intenzivnosti proizvodnje, glavni izvor tih zagađivača. Osim toga, treba uzeti u obzir i značajne količine fosfora i dušika koje se izlučuju uslijed neefikasnosti probave i metabolizma, a koje doprinose degradaciji zemljišta i eutrofikaciji voda. Dopelt i sur. (2019.) navode kako stoka proizvodi gotovo 64 % ukupnih emisija amonijaka, što značajno doprinosi nastanku kiselih kiša i zakiseljavanju ekosustava. Proizvodnja mlijeka predstavlja značajan dio stočarskog sektora, koji je u 2007. godini proizveo približno 553 milijuna tona mlijeka na globalnoj razini (FAOSTAT, 2010.) i 34 milijuna tona mesa iz mliječnih stada (FAO, 2010.). Osim toga, brzo se povećava: proizvodnja sirovog mlijeka porasla je za 44 % između 1980. i 2007. Nadalje, FAO (2006.), Steinfeld i sur. (2006.) te Dopelt i sur. (2019.) navode kako će stočarska proizvodnja i dalje biti najdinamičniji poljoprivredni podsektor s obzirom na predviđanja povećanja globalne proizvodnje mlijeka s 580 na 1043 milijuna tona u 2050. godini. Ovako značajan porast proizvodnje mora biti popraćen odgovarajućim mjerama zaštite okoliša.

Krajem 20. stoljeća, „precizna poljoprivreda“ razvila se u aktualnu temu istraživanja u cijelom svijetu (Auernhammer, 2001.). Precizna poljoprivreda predstavlja upravljački pristup koji se fokusira na promatranje, mjerenje i odgovore na varijabilnost usjeva, polja te performansi domaćih životinja. Nadalje, može pomoći u povećanju prinosa usjeva i performansi životinja, smanjiti troškove, uključujući troškove rada i optimizirati ulaze u proces. Sve to može pomoći u povećanju profitabilnosti proizvodnje. Istodobno, precizna poljoprivreda može povećati sigurnost na radu i smanjiti utjecaje poljoprivrede i poljoprivrednih praksi na okoliš, pridonoseći tako održivosti poljoprivredne proizvodnje (European Commission, 2020.).

Precizno mliječno govedarstvo predstavlja jednu od glavnih tema koja utječe na razvoj mliječnog govedarstva u cijelom svijetu. Precizno mliječno govedarstvo može se definirati kao uporaba tehnologija za optimiziranje proizvodnje svake pojedinačne životinje. Nadalje, precizno mliječno govedarstvo predstavlja uporabu tehnologija za mjerenje proizvodnih i fizioloških parametara te ponašanja svake pojedine životinje na farmi. Primarni ciljevi preciznog mliječnog govedarstva su: 1) povećavanje proizvodnih parametara; 2) rano otkrivanje bolesti u pojedinim životinja; 3) rano otkrivanje zdravstvenih i proizvodnih problema na razini stada; 4) smanjivanje uporabe medikamenata putem preventivnih zdravstvenih mjera. Korištenje preciznih tehnologija u mliječnom govedarstvu omogućuje ostvarenje navedenih ciljeva bez (previše) dodatnog uloženog rada, što postaje sve važnije na farmama mliječnih krava. Primjeri preciznih tehnologija u mliječnom govedarstvu uključuju sustave za praćenje: količine i sastava mlijeka te indikatora provodljivosti mlijeka; ocjenu tjelesne kondicije; aktivnosti životinja; te ponašanja pri ležanju i spavanju; spolnog ciklusa i detekciju vremena osjemenjivanja. Primjena preciznih tehnologija u mliječnom govedarstvu omogućuje prikupljanje velikog broja pojedinačnih informacija o svakoj životinji nadopunjujući i objektivizirajući svakodnevno promatranje stada. Primjena ovih tehnologija, uz pravilnu obradu podataka i sustave za potporu odlučivanju, poboljšava nadzor životinja i donošenje odluka. Primjenjujući „per anima“ pristup, farmer može realizirati bolje rezultate u pogledu većih količina, bolje kvalitete ili održivijih metoda uzgoja (Gantner, 2020.). Kontrola mliječnosti uključuje prikupljanje podataka o proizvodnosti mliječnih grla koja su uključena u uzgojno-seleksijski rad. Ovi podaci, zajedno s informacijama o porijeklu, koriste se za izračunavanje uzgojne vrijednosti grla i provedbu selekcije u skladu s uzgojnim programom određene pasmine. Rezultati kontrole mliječnosti pomažu uzgajivačima u poboljšanju upravljanja mliječnim stadima. Prema pravilima Međunarodne organizacije za kontrolu proizvodnosti domaćih životinja (*International Comitee for Animal Recording – ICAR*), referentna metoda za kontrolu mliječnosti je metoda A4. ICAR također omogućava korištenje drugih metoda, uz uvjet da se rezultati matematički prilagode referentnoj metodi. U Hrvatskoj, HAPIH provodi kontrolu mliječnosti prema preporukama ICAR-a koristeći AT4/BT4 metodu. Prema ICAR standardima (2009.), metoda A4, koja uključuje mjerenje pri svim mužnjama u kontrolnom danu, smatra se referentnom metodom. Kontrolu obavlja ovlašteni kontrolor koji je odgovarajuće obučan, a kontrola se provodi jednom mjesečno, s razmakom od 22 – 37 dana između dviju uzastopnih kontrola. Svake godine na gospodarstvu mora biti obavljeno najmanje 11 kontrola. Grla pod kontrolom obično su mužena dvokratno, iako se na nekim gospodarstvima primjenjuje i trokratna mužnja.

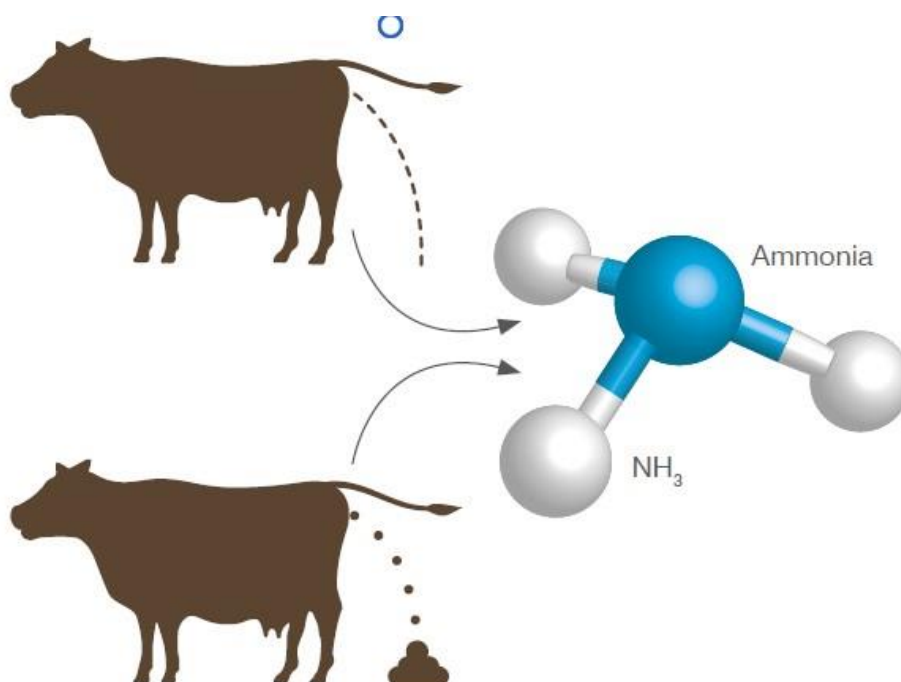


Nakon kontrole, utvrđuje se dnevna količina mlijeka koja je zbroj količina izmjerenih pri pojedinim mužnjama, te sastav mlijeka u skupnom uzorku kontroliranih grla (Gantner i Barać, 2016.). U slučaju alternativne metode, kontrola se obavlja samo pri jednoj mužnji, izmjenično pri jutarnjoj ili večernjoj mužnji, s tim da je prva kontrola u laktaciji obično pri večernjoj mužnji (ICAR, 2009.). Pri uzimanju uzoraka i mjerenju količine mlijeka, prisustvo kontrolora HAPIH-a je obavezno. Kontrolor je odgovoran za bilježenje vremena početka kontrolne i ranije mužnje kako bi izračunao interval između mužnji. Prema ICAR-u (2009.), količine mlijeka za svaku mužnju se korigiraju odgovarajućim koeficijentima, dok se dnevna količina mlijeka procjenjuje s pomoću prethodno razvijenog statističkog modela. Korekcijski faktori se također koriste za projiciranje sastava mlijeka, uključujući mliječnu mast i proteine, dok sadržaj laktoze, ureje i broj somatskih stanica trenutno ne podliježu korekciji. Za procjenu dnevnih vrijednosti (količine i sastava mlijeka) pri alternativnim metodama kontrole mliječnosti, ICAR (2009.) preporučuje dvije metode: metoda DeLorenz i Wiggans (1986.) te metoda Liu i sur. (2000.). Analiza mliječnih uzoraka obavlja se u Središnjem laboratoriju za kontrolu mlijeka (SLKM) Hrvatske agencije za poljoprivredu i hranu u Križevačkoj poljani. Laboratorijski proces uključuje analizu uzoraka, prenošenje rezultata u bazu podataka, ocjenu procesa i verifikaciju rezultata. Nakon što se rezultati laboratorijskih ispitivanja pošalju korisnicima, proces u analitičkom laboratoriju je završen. SLKM provodi laboratorijsku analitiku za sve mljekare u Hrvatskoj i analizira sve selekcijske uzorke prikupljene tijekom redovne kontrole mliječnosti (Gantner i Barać, 2016.). Mjerenje i uzorkovanje mlijeka provode se uz pomoć odobrenih mjernih uređaja, dok se prikupljanje podataka obavlja putem ručnih računala (dlanovnik). Nakon što se analiza završi u laboratoriju, uzgajivači mogu pristupiti rezultatima u obliku izvještaja (papir, PDF, XLSX) preko područnog ureda ili web aplikacije. Rezultati kontrole mliječnosti koriste se ne samo u uzgojnim programima i genetskom vrednovanju, već sve više i za procjenu hranidbenog, zdravstvenog i reproduktivnog statusa stada. Određivanje hranidbenog statusa temelji se na odnosu između komponenti mlijeka (mliječna mast, proteini, ureja), što omogućuje uspostavu racionalnog hranidbenog sustava koji zadovoljava stvarne potrebe životinja i pomaže u otkrivanju metaboličkih poremećaja poput acidoze i ketoze. Procjena zdravstvenog statusa na temelju broja somatskih stanica pomaže u učinkovitijoj borbi protiv mastitisa, dok određivanje reproduktivnog statusa (spremnost krave za oplodnju, laboratorijski test bređosti) omogućuje bolje upravljanje međutelidbenim razdobljem (MP, 2020.). Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu (HAPIH) pruža uzgajivačima rezultate kontrole mliječnosti putem redovitih mjesečnih izvještaja.

Standardni izvještaji šalju se svim uzgajivačima čija stada su u službenoj kontroli mliječnosti, dok su dodatni izvještaji dostupni na zahtjev. Količina proizvedenog mlijeka rezultat je djelovanja genetskih i okolišnih faktora (Gantner i Barać, 2016.). Arsov (1986.) navodi da uzrokom varijabilnosti mogu biti pasmina, sezona, način držanja, način mužnje, način hranidbe, kvaliteta krmiva, zdravstveno stanje, stadij laktacije i redosljed laktacije, odnosno starost. Ureja predstavlja normalan sastojak mlijeka kao dio neproteinskog dušika. Pri razgradnji sirovih proteina iz hrane u probavnom sustavu dolazi do oslobađanja amonijaka kojeg mikroorganizmi buraga koriste za sintezu svojih proteina. Višak amonijaka se u jetri prevodi u ureju koja se otpušta u tjelesne tekućine (krv, mlijeko, urin). Prevelika konzumacija sirovih proteina povećava potrebe krava na energiji što na kraju, uz veći trošak hranidbe, otežava i probavu životinja (Gantner i Barać, 2016.). Koncentracija amonijaka u rumenu i pH buraga su glavna dva čimbenika koji utječu na razinu amonijaka. Višak aminokiselina i peptida oslobađa se u jetri i dušik se pretvara u ureju. Amonijak je toksičan za životinje te se u jetri brzo pretvara u ureju (Swenson i Reece, 1993.). Optimalan sadržaj ureje u mlijeku iznosi 10-30 mg/ml (2,5 - 5,0 mmol/l) mlijeka. Sadržaj ureje u mlijeku visoko je koreliran s dnevnom mliječnošću, odnosno povećanjem proizvodnje povećava se i sadržaj ureje u mlijeku (Kirchgessner i sur., 1986.; Eicher i sur., 1999.). Sadržaj ureje u mlijeku najviše ovisi o sadržaju amonijaka u buragu te je kao takav dobar indikator kvalitete obroka (Eicher, 2004.). Nizak sadržaj ureje u mlijeku uzrokuje nizak sadržaj amonijaka u buražnom soku. Preniska razina amonijaka uzrokom je neprikladnih uvjeta za rast mikroorganizama buraga, produžene razgradnje krmiva u buragu te smanjene sinteze mikrobnih proteina u buragu. Slabija opskrbljenost životinja energijom te mikrobnim proteinima je posljedica navedenoga te kod krava s posebno niskim sadržajem ureje, to rezultira smanjivanjem mliječnosti i sadržaja mliječne masti, proteina i laktoze u mlijeku. Visok sadržaj ureje u mlijeku pokazatelj je visokog sadržaja amonijaka u buragu. Krave s previsokom razinom ureje u mlijeku veliku količinu energije moraju koristiti za izlučivanje dušika iz organizma, odnosno za sintezu ureje iz amonijaka. Također, prevođenje amonijaka u ureju dosta opterećuje jetru. Povišena razina dušika u urinu uzrokuje povišenu razinu amonijaka u zraku te tako mikroklima objekta postaje neadekvatna za zdravlje ljudi i životinja. Kod takvih grla često dolazi do poremećaja plodnosti i reprodukcije. Osjemenjivanje je najuspješnije kod krava s približnim sadržajem ureje od 25 mg/100 ml mlijeka (Wenninger i Distl, 1994.). Koncentracija ureje u mokraći proporcionalna je koncentraciji ureje u krvi. Ureja se sastoji od malih neutralnih molekula, koja se putem difuzije, a preko stanične membrane prenosi u tjelesne tekućine.

Budući da kroz mliječnu žlijezdu prođe jako velika količina krvi, ureja se difundira kako u mliječnu žlijezdu, tako i iz mliječne žlijezde. Tako se uspostavlja ravnoteža s koncentracijom ureje u krvi. Upravo je ovo razlog zbog kojeg je količina dušika u mlijeku proporcionalna s koncentracijom krvi ureje (Roseler i sur., 1993.) te može biti iskorištena kao ekonomski i neinvazivni proces praćenja proteina u stadu (Ropstad i Refsdal, 1987.).

Ureja u mlijeku može biti izvrstan pokazatelj koncentracije ureje u krvi i u mokraći (Kohn i sur., 2004.). Budući da postoji značajna korelacija između sadržaja ureje u mlijeku i sadržaja dušika u mokraći i stajnjaku životinja (Burgos i sur., 2010.; Eckersall i Bell, 2010.; Klein i sur., 2011.; Spek i sur., 2013.) u optimizaciji upravljanja mliječnih farmi, ureju u mlijeku treba koristiti kao pokazatelj učinkovitosti hranjenja, također, za procjenu utjecaja farme na okoliš (Godden i sur., 2001.; Haig i sur., 2002.). Trenutačno sektor stočarske proizvodnje uzrokuje proizvodnju ogromnih količina stajskog gnoja, koji je izvor amonijaka. Amonijak je opasan za zdravlje poljoprivrednika, životinja i okoliša. Sukladno pojedinim istraživanjima, stočarstvo je odgovorno za 76 % globalnih emisija dušika (Leip i sur., 2015.), pri čemu govedarska proizvodnja čini 36 % emisija amonijaka u Europi (Rösemann i sur., 2019.). Važan izazov tijekom povećanja i jačanja sektora stočarske proizvodnje je utjecaj stočarstva na okoliš - posebno na klimu i ekosustave (FAO, 2009.). Smanjenje emisije stakleničkih plinova te emisije amonijaka s farmi mliječnih krava predstavlja jedan od glavnih ciljeva u postizanju ekološki održive proizvodnje mlijeka. Preduvjet za smanjenje je brza, jednostavna i točna procjena na temelju već dostupnih podataka, što u slučaju farmi mliječnih proizvoda znači uporabu podataka o kontroli mliječnosti (podaci o kontrolnim danima). U Nizozemskoj se farme kontroliraju na temelju sadržaja ureje u mlijeku; to omogućuje definiranje potencijalnih izvora onečišćenja i informiranje farmi o mjerama predostrožnosti (Bijgaart, 2003.). U Europi je optimalna količina ureje u mlijeku 15–30 mg/dl. (Ruska i sur. 2017.). Hristov i sur. (2011.) navode da se važan dio dušika goveđeg stajskog gnoja, posebno iz mokraćne ureje, pretvara se u amonij i konačno gubi u atmosferi kao amonijak. Različita priroda čimbenika koji kontroliraju isparivanje amonijaka, poput upravljanja stajskim gnojem, temperature okoline, brzine vjetra te sastava i pH stajskog gnojiva, kompliciraju definiranje emisije amonijaka od goveda. Istraživanja pokazuju kako premašenom količinom dušika u hrani mliječnih krava za skoro 6,6 %, sadržaj dušika u mokraći povećava se za 16 %, a u stajnjaku za 2,7 %.



Slika 1. Emisije amonijaka na mliječnim farmama (ADHB, 2024.)

Za izračunavanje korištene količine dušika koristi se sadržaj ureje u mlijeku, jer ga je jednostavno utvrditi, a prikupljanje i ispitivanje posebnih uzoraka (urina ili izmeta) nije potrebno (Broderick i Huhtanen, 2013., Jonker i sur., 2002.). Studije pokazuju visoku povezanost između sadržaja ureje u mlijeku s onom u krvi i urinu. Osim toga, sadržaj uree u mlijeku može poslužiti za procjenu onečišćenja okoliša i probavne učinkovitosti, jer ukazuje na nedostatak sirovih proteina za mliječne krave ili na njihov višak u probavnom traktu (Broderick i Clayton 1997., Hof i sur., 1997., Burgos i sur., 2010.).

## 1.2. Proizvodne karakteristike mliječnih krava

Mliječne krave imaju izvanrednu sposobnost pretvaranja hrane u mlijeko, a ovaj proces usavršen je selekcijskim postupcima i naprednom hranidbom. Razumijevanje proizvodnih karakteristika mliječnih krava, kao što su dnevna količina proizvedenog mlijeka i sastav mlijeka, uključujući sadržaj masti i proteina, ključno je za unapređenje učinkovitosti mliječnih farmi i poboljšanje kvalitete mlijeka. Količina mlijeka koju mliječne krave proizvode može značajno varirati ovisno o pasmini, hranidbi i upravljačkim praksama. Visokoprodvodne mliječne krave mogu proizvesti između 25 i 40 litara mlijeka dnevno.

Holstein krave, koje su poznate po visokoj proizvodnji mlijeka, mogu čak i premašiti ovu količinu, s nekim iznimnim primjerima koji daju i preko 60 litara dnevno. Sastav mlijeka, osobito sadržaj masti i proteina, ključan je za ocjenu njegove kvalitete i podložan je različitim čimbenicima, uključujući genetiku, hranidbu i fazu laktacije. Što se tiče mliječne masti, sadržaj masti u kravljem mlijeku obično se kreće između 3,5 % i 4,5 %. Međutim, neke pasmine, poput Jersey krava, poznate su po višem udjelu masti, koji često prelazi 5 %. Ovaj sadržaj masti je posebno važan za mliječnu industriju, posebno u proizvodnji maslaca i sira. Prema Singhu i Bandleru (2024.), sadržaj proteina u mlijeku općenito se kreće od 3,0 % do 3,5 %. Proteini mlijeka neophodni su za ljudsku prehranu i koriste se u raznim mliječnim proizvodima, posebno je važna proizvodnja sira. Zhang i sur. (2021.) navode kako Holstein krave, iako proizvode velike količine mlijeka, obično imaju nešto niži sadržaj proteina u usporedbi s pasminama poput smeđe švicarske. Na dnevnu proizvodnju i sastav mlijeka utječe niz čimbenika poput hranidbe, genetike i stadija laktacije. Prema Gallardu i Teixeiri (2023.), hranidba mliječnih krava igra ključnu ulogu u proizvodnji i sastavu mlijeka, hranidba bogata energijom i proteinima može povećati proizvodnju mlijeka te poboljšati sadržaj masti i proteina u mlijeku. Park i Haenlein (2013.) istaknuli su ulogu genetike te naveli da je selektivni uzgoj doveo je do značajnih poboljšanja u proizvodnji i sastavu mlijeka. Pasmine poput Holsteina posebno se uzgajaju za visoku proizvodnju mlijeka, dok se Jersey krave uzgajaju za veći sadržaj mliječne masti. Stadij laktacije također igra važnu ulogu. Prema FAO-u (2024.), proizvodnja mlijeka dostiže vrhunac oko 40 do 60 dana nakon teljenja i postupno opada nakon toga. Han i Wang (2023.) ističu da se sastav mlijeka također mijenja tijekom razdoblja laktacije, s većim udjelom masti i proteina koji se obično uočava u ranoj i kasnoj laktaciji.

### **1.3. Unos hrane i hranidbeno ponašanje kod goveda**

Domaćinović i sur. (2015.) navode kako hranidba uključuje različite aktivnosti, poput pronalaska i prepoznavanja hrane, procjene njezinih senzorskih svojstava, odabira, uzimanja i probave. Sve te aktivnosti zajedno utječu na količinu hrane konzumirane u kratkom razdoblju. Na razinu konzumacije hrane kod goveda utječu različiti čimbenici povezani sa životinjom, poput njezine veličine (odnosno zapremine buraga i kapure) i potreba za hranjivim tvarima, posebno energijom, koje ovise o proizvodnosti, okolišnoj temperaturi i drugim uvjetima.

Također, ključni su i čimbenici povezani s hranom, poput probavljivosti (uglavnom određene razinom neutralno deterdžentnih vlakana - NDV), energetske vrijednosti, prisutnosti vode i slično. Upravljanje hranidbom mliječnih krava od presudne je važnosti za optimizaciju proizvodnje mlijeka, zdravlje i ukupnu učinkovitost stada. Prema Domaćinoviću i sur. (2015.), unos suhe tvari kod visokoproduktivnih mliječnih krava uvelike ovisi o kapacitetu rumino-retikularnog sustava (ukupnoj zapremini buraga i kapure). Fizička ispunjenost ovog dijela probavnog sustava određena je stupnjem probavljivosti hrane, brzinom njezina prolaska i voluminoznošću obroka. Glavni čimbenici fizičke regulacije unosa hrane uključuju sadržaj i probavljivost neutralno deterdžentnih vlakana, sadržaj vode u hrani te pokretljivost i volumen buraga i kapure. Weiss i Tebb (2019.), navode kako se unos suhe tvari odnosi na količinu hrane koju mliječne krave konzumiraju, isključujući sadržaj vode. Ovaj faktor je presudan jer utječe na ukupni unos hranjivih tvari. Prema istraživanjima, nekoliko čimbenika utječe na unos suhe tvari, uključujući veličinu krave, razinu proizvodnje mlijeka i kvalitetu hrane. Veći unos suhe tvari povezan je s povećanjem proizvodnje mlijeka i boljim zdravstvenim ishodima (Weiss i Tebb, 2019.).

Neutralna deterdžent vlakna (NDV) ključna su za analizu stočne hrane jer predstavljaju ukupni sadržaj stanične stijenke, uključujući hemicelulozu, celulozu i lignin. NDV je važan za procjenu voluminoznosti hrane, što utječe na unos suhe tvari (DMI) mliječnih goveda. Više razine NDV-a obično su povezane s nižim koncentracijama energije u hranidbi (Van Soest, 1991.). Voluminozna krmiva, poput silaže, primarni su izvori NDV-a. Ova krmiva su glomazna i zauzimaju značajan prostor u buragu, što može ograničiti ukupni unos hrane. Udio NDV-a u ovim krmivima ključan je za održavanje pravilnog rada buraga i osiguranje adekvatnog unosa vlakana (Belyea i sur., 1993.). Unos NDV-a često se izražava kao postotak tjelesne težine životinje. Primjerice, tipična mliječna krava može konzumirati NDV u količini do 1,1-1,2 % svoje tjelesne težine. Ova mjera pomaže u procjeni maksimalnog unosa krme i osiguravanju da hranidba zadovoljava nutritivne potrebe krave. Doprinos voluminoznih krmiva ukupnom unosu NDV-a je značajan. Za mliječna goveda, uravnotežena hranidba trebala bi uključivati značajan udio NDV-a iz krme kako bi se podržalo zdravlje buraga i cjelokupna probava. Ukupni unos vlakana, uključujući NDV, ključan je za održavanje zdravlja buraga i optimizaciju probave. Sadržaj vlakana treba biti uravnotežen prema tjelesnoj masi goveda kako bi se osigurala odgovarajuća količina hranjivih tvari bez preopterećenja buraga (Belyea i sur., 1993.).

Eterski ekstrakt predstavlja sadržaj masti u hrani. Iako su masti koncentrirani izvor energije, njihovu razinu treba pažljivo kontrolirati kako bi se izbjegli negativni utjecaji na probavu vlakana i ukupnu funkciju buraga.

Eterski ekstrakt također može igrati ulogu u modulaciji buraga, utječući na obrasce fermentacije i proizvodnju metana. To može imati implikacije i na zdravlje životinja i na održivost okoliša (Pepeta i sur., 2024.). Kad je riječ fizički učinkovitim vlaknima (feNDV), ova mjera uzima u obzir fizičke karakteristike vlakana koja potiču žvakanje i proizvodnju slin, što je važno za puferiranje buraga. Adekvatan feNDV je ključan za sprječavanje problema poput acidoze i osiguranje pravilnog rada buraga. Ukupni sadržaj vlakana (aNDV), uključujući sve komponente NDV-a, vitalan je za formuliranje uravnotežene hranidbe. Osiguranje pravih razina aNDV-a pomaže u održavanju optimalnog zdravlja buraga, poboljšava učinkovitost hrane i podržava proizvodnju mlijeka. (Krogstad i Bradford, 2022.). Ukratko, razumijevanje i balansiranje ovih komponenti vlakana u hrani za mliječnu stoku ključno je za promicanje zdravlja, optimizaciju probave i povećanje produktivnosti. Pravilno reguliran unos vlakana podržava funkciju buraga, sprječava probavne smetnje i osigurava opću dobrobit mliječnih goveda.

#### **1.4. Probava hranjivih tvari u buragu**

Probava hrane u buragu odvija se pod utjecajem enzima koje proizvodi mikrobiološka populacija buraga. U buragu se razlikuju dvije subpopulacije bakterija: jedna slobodno prisutna u sadržaju buraga i druga, vezana za zidove buraga. Ukupan broj bakterija iznosi  $10^9$ - $10^{10}$ /ml sadržaja buraga. Preko 200 različitih vrsta je izolirano iz sadržaja buraga. Početna populacija bakterija u buragu teladi hranjene mlijekom uključuje rodove kao što su *Micrococcus*, *Staphylococcus*, *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Flavobacterium* i drugi. Kada telad prijeđe na čvrstu hranu, u buragu se počinju pojavljivati tipične anaerobne vrste, poput bakterija iz rodova *Butyrivibrio*, *Bacteroides*, *Ruminococcus* i *Lactospira*. U usporedbi s bakterijama, broj protozoa značajno je manji ( $10^6$ /ml). Međutim, zbog veće veličine, ukupna masa protozoa približno je jednaka onoj kod bakterija. Do sada je izolirano oko 100 vrsta protozoa koje pripadaju rodovima *Isotricha* i *Dasytricha* iz porodice *Isotrichidae*, kao i rodovima *Entodinium*, *Diplodinium*, *Epidinium* i *Ophryoscolex* iz porodice *Ophryoscolecidae*. Iz buraga je izolirano najmanje 12 različitih vrsta gljivica, većinom iz roda *Neocallimastix*. S obzirom na to kako mikrobna populacija buraga doprinosi do 20 % resorbiranih hranjivih tvari u organizmu životinje, njihov sastav je od ključne važnosti.

Mikroorganizmi iz buraga zajedno s hranom prelaze u sljedeće dijelove probavnog sustava, gdje se u tankom crijevu, pod djelovanjem enzima, razgrađuju i resorbiraju. Suha tvar bakterija sadrži približno 100 g dušika po kilogramu, od čega je oko 80 % tog dušika u obliku aminokiselina, dok je preostali dio uglavnom u obliku nukleinskih kiselina (Domaćinović i sur., 2015.).

#### **1.4.1. Probava proteina u buragu goveda**

Hranidba bogata proteinima ključna je za zdravlje i produktivnost mliječnih goveda. Sirovi protein obroka predstavlja ukupni sadržaj proteina u hrani, izračunat na temelju sadržaja dušika. Uključuju i prave proteinske i neproteinske izvore dušika (NPN). Sirovi protein obroka (SP) važan je za različite fiziološke funkcije, uključujući rast, reprodukciju i laktaciju (Cappelozza, 2024.). Proteolitičke bakterije zajedno s protozoama buraga, razgrađuju većinu proteina unesenih hranom. Međutim, dio proteina hrane ostaje nerazgrađen u buragu. U rumenu nerazgradivi proteini (RNP) dio su hranidbenih proteina koji izbjegavaju razgradnju u buragu te se probavljaju u crijevima. RNP je ključan za zadovoljenje potreba za aminokiselinama kod visokoproduktivnih mliječnih krava, jer pruža izravan izvor aminokiselina za apsorpciju (Schumacher i sur., 2020.). Preostale bjelančevine hrane razgrađuju se u buragu (RRP). Ravnoteža između nerazgradivih proteina i razgradivih proteina (RRP) ključna je za optimizaciju mikrobne sinteze proteina i ukupne učinkovitosti proteina (Putri i sur., 2021.). Mikrobna sinteza proteina u buragu značajan je izvor proteina za mliječna goveda. Mikrobi buraga koriste razgradljive proteine za proizvodnju mikrobnog sirovog proteina (MSP), koji se zatim probavlja i apsorbira u crijevima. Ovaj mikrobni protein visokokvalitetan je izvor proteina, bogat esencijalnim aminokiselinama. Galyean i Tedeschi (2023.) navode da ukupni metabolički protein predstavlja zbroj probavljivih RNP-a i MSP-a. Ovaj pokazatelj označava ukupnu količinu proteina dostupnu za apsorpciju i iskorištavanje životinji. Učinkovitost iskorištavanja proteina ovisi o ravnoteži između RNP-a i RRP-a u hranidbi, kao i o ukupnom unosu proteina. Dio dušičnih tvari iz hrane, vezan za kiselu deterdžent vlakna (KDV), ostaje neprobavljen kako buragu, tako i u tankom crijevu te se izlučuje u vanjsku sredinu. U buragu se također događa razgradnja neproteinskih dušičnih tvari (NPN-spojeva). Mikrobiološka razgradnja bjelančevina hrane u buragu rezultira nastankom aminokiselina, iako se neke od njih nastavljaju razgrađivati do organskih kiselina, amonijaka i ugljičnog dioksida.



Mikroorganizmi buraga koriste nastale aminokiseline, male peptide i amonijak za sintezu vlastitih proteina (mikrobioloških proteina).

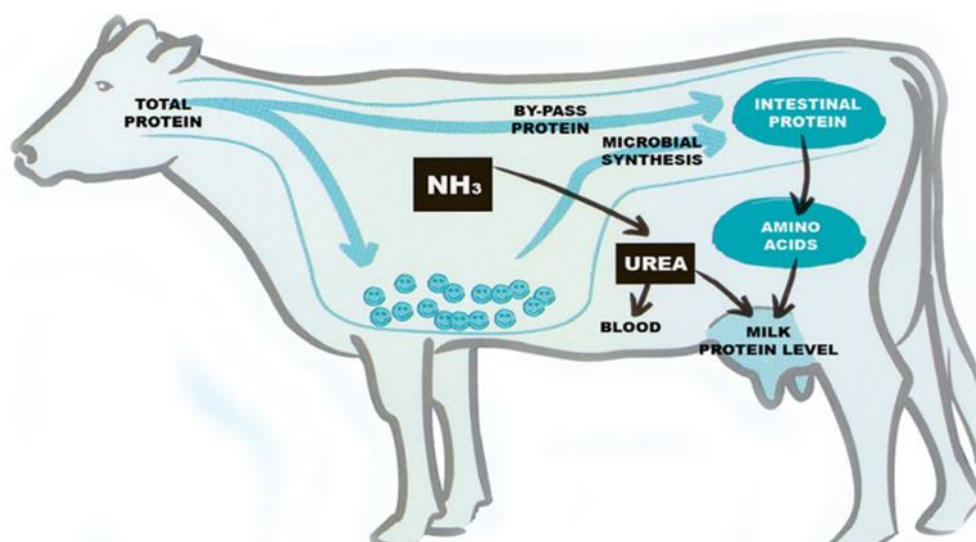
Većina tih mikroorganizama s hranom dolazi u tanko crijevo, gdje se njihovi stanični proteini razgrađuju u aminokiseline. Aminokiselinski sastav u tankom crijevu čine proteini mikroorganizama buraga i frakcija proteina hrane koje nisu degradirane u rumenu (RNP). Ovaj sastav značajno se razlikuje od aminokiselinskog sastava hrane. Bakterije buraga, koristeći proizvode degradacije proteina i fermentirajuću energiju, mogu sintetizirati i esencijalne i neesencijalne aminokiseline, čime životinja postaje manje ovisna o kvaliteti proteina hrane.

#### **1.4.2. Iskorištavanje energije i proteina u organizmu goveda**

Kemijski sastav mlijeka značajno ovisi o hrani koju konzumiraju mliječne krave. Mlijeko se prvenstveno sastoji od vode, masti, proteina (kazeina i proteina sirutke), laktoze i minerala (DPH, 2024.). Profil hranjivih tvari u hrani izravno utječe na ove komponente. Primjerice, hranidba bogata energijom i proteinima može poboljšati proizvodnju i kvalitetu mlijeka. Glavni sastojci mlijeka su: voda (87-88 %), mast (3-4 %), (3,3 % - pretežno kazein), laktoza (4,6 %) te minerali (0,7 % - kalcij, fosfor, magnezij, kalij i natrij). Metabolička energija predstavlja energiju iz hrane nakon što se uzmu u obzir gubici u izmetu, urinu i plinovima. Ona je ključna za brojne fiziološke funkcije, uključujući održavanje, rast, reprodukciju i laktaciju (Stanton, 2014.). Li i sur., (2024.) ističu da usklađena stopa ispuštanja energije i dušika iz hrane može poboljšati fermentaciju buraga, što rezultira većom učinkovitošću mikrobnih proteina. Gross i Bruckmaier (2019.) navode kako je energetska ravnoteža mliječnih krava, osobito tijekom rane laktacije, ključna jer krave često imaju negativnu energetska bilancu zbog velikih energetska zahtjeva za proizvodnju mlijeka. Xu i sur. (2018.) u svom istraživanju pokazali su da su proizvedena količina mliječne masti, glicin, kolin i karnitin značajni pokazatelji energetska ravnoteže. Točna procjena metaboličke energije može se postići s pomoću modela koji uzimaju u obzir svojstva proizvodnje mlijeka i tjelesnu težinu. Metabolički protein predstavlja dio proteina koji je dostupan kravi za apsorpciju i korištenje nakon probave. Obuhvaća nerazgradive proteine (RUP) i mikrobnih proteina koji se sintetizira u buragu. Istraživanja su pokazala da optimalna ravnoteža između RUP-a i mikrobnih proteina igra ključnu ulogu u maksimiziranju proizvodnje mlijeka i održavanju zdravlja krava (Martins i sur., 2022.). Gross i Bruckmaier (2019.) ističu da omjer mliječne masti i proteina može ukazivati na metaboličko zdravlje i rizik od stanja poput ketoze i acidoze.

Antanaitis i sur. (2023.) navode da In-line senzori koji mjere sastav mlijeka pružaju podatke o razinama proteina u stvarnom vremenu, što pomaže u procjeni metaboličkog statusa.

Pravilni unos proteina i aminokiselina u hranidbi ključan je za podršku visokoj proizvodnji mlijeka i održavanje zdravlja krava (Kim i Lee, 2021.). Unos suhe tvari (DMI) ključan je za određivanje učinkovitosti proizvodnje mlijeka. Količina suhe tvari potrebna po kilogramu proizvedenog mlijeka ovisi o energetske potrebe krave. Primjerice, za proizvodnju 1 kilogram mlijeka s 4 % masti potrebno je otprilike 0,74 Mcal neto energije za laktaciju (NEL) (RN, 2020.). Modeli koji predviđaju unos suhe tvari (DMI) na temelju proizvodnje mlijeka i tjelesne težine pokazali su visoku pouzdanost. Korelacije ukazuju na to da veća proizvodnja mlijeka i veća tjelesna težina povećavaju DMI (Madilindi i Zishiri, 2022.). Ovaj odnos pomaže u formuliranju hranidbe koja zadovoljava energetske potrebe za optimalnu proizvodnju mlijeka. Slično metaboličkoj energiji, količina suhe tvari potrebna po kilogramu mlijeka, utemeljena na metaboličkim proteinima, ključna je za učinkovitu proizvodnju mlijeka. Sadržaj proteina u hranidbi mora biti adekvatan kako bi zadovoljio metaboličke potrebe krave za sintezu mliječnih proteina. Kim i Lee (2021.) u studiji ističu da je učinkovitost iskorištavanja dušika za sintezu mliječnih proteina relativno niska, naglašavajući potrebu za uravnoteženom hranidbom koja osigurava odgovarajuće proteine bez viška. Praćenje razine proteina u mlijeku i prilagođavanje hranidbe na temelju tih podataka može pomoći u optimizaciji proizvodnje mlijeka i održavanju zdravlja krava. Razumijevanje kemijskog sastava hrane, posebno unosa suhe tvari (DMI), metaboličkih proteina i metaboličke energije, ključno je za optimizaciju hranidbe mliječnih krava. Fokusiranjem na ove komponente, farmeri i nutricionisti mogu poboljšati proizvodnju mlijeka, unaprijediti zdravlje krava i povećati ukupnu učinkovitost farme.



Slika 2. Metabolizam proteina mliječnih krava (Pathak, 2018.)

### 1.5. Ključni minerali u hranidbi mliječnih goveda

Kalcij (Ca) i fosfor (P) spadaju među ključne minerale u hranidbi mliječnih goveda, s važnom ulogom u mnogim fiziološkim procesima. Uravnotežen unos ovih minerala od presudnog je značaja za zdravlje, visoku produktivnost i reproduktivni uspjeh mliječnih goveda. Kalcij je esencijalan za strukturu kostiju te sudjeluje u mišićnim funkcijama, prijenosu živčanih impulsa i procesu zgrušavanja krvi. Kod mliječnih goveda, kalcij ima posebnu važnost u proizvodnji mlijeka, budući da čini glavni sastojak mlijeka. Preporučeni unos kalcija u obroku za mliječna goveda varira ovisno o stadiju laktacije, dobi i općem zdravstvenom stanju (MLT, 2024.). Nedostatak kalcija može uzrokovati poremećaje poput mliječne groznice (hipokalcemije), koja je česta u periodu oko teljenja (Van Saun, 2022.). Fosfor je još jedan esencijalan mineral koji potiče razvoj kostiju, podržava energetske metabolizam te sudjeluje u sintezi nukleinskih kiselina i staničnih membrana. Također je važan za puferske sustave koji održavaju acidobaznu ravnotežu u organizmu. Nedostatak fosfora može dovesti do smanjenog unosa hrane, usporenog rasta i problema s reprodukcijom (Wright, 2024.). Idealan omjer Ca : P u hranidbi mliječnih goveda općenito je oko 2:1, iako omjeri čak i do 7:1 mogu biti prihvatljivi ovisno o fazi proizvodnje i specifičnim potrebama goveda. Tijekom laktacije, potrebe mliječnih krava za kalcijem znatno rastu. Ravnoteža kalcija ovisi o unosu hranom, učinkovitosti apsorpcije i fiziološkim zahtjevima.

Kako bi se spriječila hipokalcemija, važno je osigurati adekvatan unos kalcija putem hranidbe. Dodaci poput kalcijevih soli ili dikalcijevog fosfata mogu pomoći u ispunjavanju tih potreba (Parish, 2008., Wondater i Ayanie, 2023.). Ravnoteža fosfora je ključna, osobito tijekom rane laktacije, kada krave riskiraju nedostatak fosfora zbog visoke proizvodnje mlijeka i niskog unosa suhe tvari. Potrebno je pažljivo upravljati dodacima fosfora kako bi se spriječili i nedostatak i višak, jer nerazmjerno dodavanje može uzrokovati ekološke probleme zbog otjecanja fosfora (Wright, 2024.). Održavanje pravilne ravnoteže kalcija i fosfora u hranidbi mliječnih goveda ključno je za njihovo zdravlje i produktivnost. Razumijevanjem specifičnih potreba i prilagodbom hranidbe prema tim potrebama, uzgajivači mogu osigurati optimalnu izvedbu i dobrobit svojih stada.

## 1.6. Značaj aminokiselina u obrocima goveda

Iako su i proteini i energija važni, istraživanja pokazuju kako odgovarajuća opskrba proteinima tijekom prijelaznog razdoblja ima veći utjecaj na proizvodnju mlijeka u usporedbi s energijom (Larsen, 2014.; Eadie, 2022.). Potreba za metaboličkim proteinima (MP) za tipičnu Holstein kravu procjenjuje se na 1.125 g/dan. Kako bi se u obzir uzela varijabilnost unutar stada, Van Saun i Sniffen (2014.) preporučuju praktični cilj od 1.300 g MP/dan. Međutim, krave zapravo trebaju aminokiseline, a ne samo sirove proteine, pri čemu je opskrba esencijalnim aminokiselinama najvažnija. Metionin i lizin su dvije najvažnije ograničavajuće aminokiseline u uobičajenoj hranidbi mliječnih krava (NRC, 2001). Dodatak buražno zaštićenog metionina temeljito je istražen i pokazao se korisnim u hranidbi prije teljenja i tijekom laktacije. Također, dodavanje buražno zaštićenog lizina - prije teljenja postaje sve češća i pouzdana praksa koja dovodi do povećanja unosa suhe tvari (DMI) i proizvodnje mlijeka (Socha i sur., 2005.; Eadie, 2022.).

Lizin je esencijalna aminokiselina koja igra ključnu ulogu u hranidbi mliječnih krava. Od vitalnog je značaja za sintezu proteina, rast i cjelokupno zdravlje. S obzirom na to kako krave ne mogu same sintetizirati lizin, moraju ga unositi hranom. Lizin je jedna od ograničavajućih aminokiselina u hranidbi mliječnih krava, što implicira kako njen manjak može ograničiti rast i proizvodnju mlijeka. Posebno je važan u prijelaznom razdoblju, koji obuhvaća period oko teljenja, kada krave prolaze kroz značajne fiziološke i metaboličke promjene. Dill (2024.) navodi kako uobičajeni izvori lizina u stočnoj hrani uključuju sojino brašno, kukuruz i krvno brašno. Međutim, ti izvori nisu jednako učinkoviti.

Buražno zaštićeni lizin često se preferira jer osigurava dolazak aminokiseline do tankog crijeva, gdje ju krava može apsorbirati i iskoristiti. Suplementacija lizinom donosi mnoge benefite: dodavanje buražno zaštićenog lizina kod muznih krava dokazano poboljšava količinu i sastav mlijeka. Istraživanja su pokazala kako krave koje dobivaju buražno zaštićeni lizin proizvode više mlijeka s većim udjelom proteina i masti u usporedbi s onima s nedostatkom lizina u hranidbi. Između ostalog, krave kojima je dodan lizin održavaju bolje rezultate tjelesne kondicije nakon teljenja, što je od velike važnosti za njihovo cjelokupno zdravlje i reprodukciju (Elsaadawy i sur., 2022.).

Girma i sur. (2019.) u svom istraživanju navode kako dodavanje lizina može povećati unos suhe tvari kod krava, posebno u prijelaznom razdoblju. To je važno jer veći unos suhe tvari podržava bolju energetska ravnotežu i smanjuje rizik od metaboličkih poremećaja. Također navode kako lizin pomaže u snižavanju razine slobodnih masnih kiselina i  $\beta$ -hidroksibutirata (BHB) u krvi, koji predstavljaju pokazatelje metaboličkog stresa. Niže koncentracije ovih spojeva povezane su s boljim zdravljem i većom produktivnošću. Elsaadawy i sur. (2022.) ističu kako je za učinkovitu primjenu lizina u hranidbi krava ključno uravnotežiti ga s ostalim aminokiselinama i hranjivim tvarima. Količinu lizina u hranidbi potrebno je prilagoditi prema stadiju laktacije i ukupnim hranidbenim potrebama krave. Primjerice, u razdoblju prije teljenja preporučuje se hranidba s 0,33 % lizina u suhoj tvari, dok bi nakon teljenja ta razina trebala biti oko 0,24 %. Thomas i sur. (2022.) u svom istraživanju pokazali su kako je telad od krava hranjenih buražno zaštićenim lizinom prije teljenja imala sličnu porođajnu težinu, no konzumirala su 2,5 % više suhe tvari mliječne zamjene u prvih 6 tjedana i imala manji broj medicinskih intervencija. Lizin je ključna komponenta hranidbe mliječnih krava, posebno u prijelaznom razdoblju. Njegova suplementacija može poboljšati proizvodnju mlijeka, održati bolju tjelesnu kondiciju i smanjiti metabolički stres. Pravilnim balansiranjem lizina s ostalim hranjivim sastojcima, farmeri mogu unaprijediti zdravlje i produktivnost svojih mliječnih stada. Metionin je esencijalna aminokiselina koja ima ključnu ulogu u različitim metaboličkim procesima kod goveda i bizona, uključujući sintezu proteina, proizvodnju mlijeka i održavanje općeg zdravlja životinja. Jedna od važnih funkcija metionina je njegova sinergija s lizinom, jer su ove dvije aminokiseline često ograničavajuće u hranidbi preživača. Nedostatak metionina i lizina može ograničiti sintezu proteina, čak i kada su druge aminokiseline prisutne u dovoljnoj količini. Zajedno podržavaju optimalnu sintezu mliječnih proteina, čime poboljšavaju proizvodnju i kvalitetu mlijeka.

Dodavanje metionina u zaštićenom obliku omogućuje prolazak aminokiselina kroz burag te apsorpciju u tankom crijevu, čime se poboljšava iskorištenje proteina i proizvodnja mlijeka (Junior i sur., 2021; Liu i Kim, 2023). Metionin je također ključan za inicijaciju sinteze proteina i djeluje kao donor metilne skupine u mnogim metaboličkim procesima, uključujući sintezu važnih molekula poput kreatina, karnitina i fosfatidilkolina. Osim toga, metionin služi kao prekursor za sintezu cisteina, koji je bitan za proizvodnju glutaciona, jednog od najvažnijih antioksidansa u tijelu. Glutacion pomaže u detoksikaciji jetre i zaštiti stanica od oksidativnog stresa (Liu i Kim, 2023). Metionin igra važnu ulogu i u sprječavanju nakupljanja masti u jetri, što je posebno značajno za visoko produktivne mliječne krave. Pomaže u sintezi fosfatidilkolina, ključnog za transport masti iz jetre. Dodavanje metionina može poboljšati konverziju hrane, povećati proizvodnju mlijeka i poboljšati proizvodnu učinkovitost. Također, pomaže u smanjenju negativnih učinaka stresa kod životinja (Junior i sur., 2021.).

## 1.7. Cilj istraživanja

Glavni cilj istraživanja je utvrđivanje varijabilnosti dnevne proizvodnje mlijeka, dnevnog sadržaja ureje, sadržaja dušika u ureji mlijeka te procijenjene dnevne emisije amonijaka mliječnih krava i na temelju dobivenih rezultata, razvoj modela optimizacije hranidbe mliječnih krava kojima se može utjecati na smanjenje emisije amonijaka s mliječnih farmi omogućujući time ekološki i ekonomski održivu proizvodnju mlijeka uporabom tehnologija preciznog mliječnog govedarstva.

Sa svrhom realizacije navedenoga potrebno je realizirati sljedeće ciljeve:

1. Određivanje fenotipske varijabilnosti istraživanih grupa svojstava odnosno:
  - a. statistička analiza proizvodnih karakteristika (dnevna količina te sastav mlijeka) mliječnih krava pod uzgojno-selekcijским radom,
  - b. statistička analiza kemijskog sastava krmiva u obroku (s odabranih farmi).
2. Određivanje povezanosti između istraživanih grupa svojstava.
3. Razvoj i odabir optimalnih statističkih modela za procjenu emisije amonijaka pojedinog grla u proizvodnji na temelju podataka redovne kontrole proizvodnosti.
4. Razvoj i odabir optimalnih statističkih modela za procjenu utjecaja hranidbe krava odnosno kemijskog sastava pojedinih krmiva u obroku na emisiju amonijaka.

5. Izrada modela optimizacije sastavljanja obroka za mliječne krave kojima se može utjecati na smanjenje emisije amonijaka s farmi mliječnih krava.

Hipoteza istraživanja jest kako u populaciji mliječnih goveda u Republici Hrvatskoj postoji varijabilnost dnevne proizvodnje mlijeka, dnevnog sadržaja ureje i sadržaja dušika u ureji mlijeka, a posljedično tome i dnevne emisije amonijaka mliječnih krava te postojanje povezanosti između navedenih svojstava i kemijskog sastava pojedinih krmiva u obroku. Nadalje, na temelju pretpostavljene povezanosti može se izraditi model optimizacije sastavljanja obroka za mliječne krave, kojim se može utjecati na smanjenje emisije amonijaka s farmi mliječnih krava, odnosno primjenom kojeg se može ostvariti ekološki i ekonomski održivije poslovanje mliječnih farmi u Hrvatskoj.

## 2. MATERIJAL I METODE RADA

Istraživanje se sastojalo od terenskog i analitičkog dijela istraživanja. Terenski dio istraživanja podrazumijevao je uzorkovanje potpuno izmiješanog obroka (TMR) mliječnih krava te je proveden na odabranim mliječnim farmama na području Hrvatske uključenim u istraživanje. Prilikom provedbe terenskog dijela istraživanja svi uzorci adekvatno su označeni šifrom farme te datumom uzorkovanja.

Uzorci su analizirani u ovlaštenom laboratoriju za analizu stočne hrane. Rezultati laboratorijske analitike uneseni su u bazu podataka te statistički analizirani na Fakultetu agrobiotehničkih znanosti Osijek (FAZOS).

U ovlaštenom laboratoriju za analizu stočne hrane utvrđen je *kemijski sastav krmiva u obroku*, odnosno sadržaj vlage, masti, pepela, sirovih proteina te sadržaj sirovih vlakana, neutralnih deterdžent vlakana (NDV) i kiselih deterdžent vlakana (KDV) u potpuno izmiješanom obroku (TMR).

Priprema uzoraka za analizu obavljena je prema međunarodnom standardu ISO 6498:2001.

*Određivanje vlage i hlapivih tvari* obavljena je prema međunarodnom standardu o određivanju hrane za životinje - određivanje sadržaja vlage i hlapivih tvari (ISO 6865:2000; EN ISO 6865:2000). Određivanje vlage u žitaricama i njihovim proizvodima obavlja se prema referentnoj metodi (ISO 712:2009; EN ISO 712:2009). Određivanje vlage i hlapivih tvari u masnim krmivima obavlja se prema međunarodnom standardu HRN EN ISO 665:2004 (ISO 665:2000; EN ISO 665:2000). Određivanje vlage i hlapivih tvari u masnim reziduama (dobivenih ekstrakcijom ulja sjemenki tiješnjenjem) obavlja se prema standardu ISO 771:1977. Određivanje vlage kukuruza (u mljevenom i cijelom zrnu) obavlja se prema ISO 6540:1980; EN ISO 6540:2010).

*Određivanje masti* u obroku za životinje (osim masnih krmiva) određeno je prema međunarodnom standardu za određivanje masti ISO 6492:1999. Određivanje pepela obavljeno je prema ISO 5984:2002.

*Sirovi protein* određen je prema međunarodnom standardu za određivanje sadržaja dušika i kalkulaciju sirovog proteina, drugi dio: metodom bloka i parne destilacije ISO 5983-2:2009; EN ISO 5983-2:2009. Ovaj standard specificira određivanje dušika prema Kjeldalu, a zatim preračunavanje sirovog proteina.

*Vrijednost pH* hrane određena je kućnom metodom Po. 5.4.1/3 Rev.01 2010- 03-02. Ova metoda određuje pH fermentirane hrane kao što su kukuruz, trave i silaža.



*Određivanje sirovih vlakana* u hrani za životinje određeno je prema međunarodnom standardu metodom filtracije (ISO 6865:2000; EN ISO 6865:2000).

Određivanje *kiselih deterđent vlakana (KDV)* u hrani – aplikacija gerhardt German; Official Method: Methodenbuch des Verbandes Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs und Forschungsanstalten, Band3, Bestimmung der Saure-Detergentien-Faser (ADF), 1977.

Određivanje *neutralnih deterđent vlakana (NDV)* (poslije tretmana amilaze i žarenja) u hrani – aplikacija Gerhardta; Official Method: Methodenbuch des Verbandes Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs und Forschungsanstalten, Band3, Bestimmung der Neutral- Detergentien-Faser (NDV), 1988.

Nadalje, tijekom terenskog dijela istraživanja utvrđena je dnevna količina i kvaliteta mlijeka krava pod uzgojno-selekcijским radom. Mjerenje količine te uzorkovanje mlijeka provodi se svaka četiri tjedna prilikom redovite kontrole mliječnosti. Kontrola mliječnosti u Hrvatskoj provodi se sukladno alternativnoj AT4/BT4 metodi, a provode je kontrolni asistenti Hrvatske agencije za poljoprivredu i hranu - HAPIH ili uzgajivači. Kontrola mliječnosti primjenom alternativne metode kontrole mliječnosti podrazumijeva mjerenje količine mlijeka te uzorkovanje mlijeka od svake krave u laktaciji pri jutarnjoj / večernjoj mužnji svaka četiri tjedna. Nadalje, pri svakoj mužnji bilježi se i vrijeme tekuće te prethodne mužnje u cilju izračuna intervala između uzastopnih mužnji. Dnevna količina mlijeka, dnevni sadržaj mliječne masti te proteina izračunava se na temelju parcijalnih vrijednosti (jutarnja / večernja mužnja) s pomoću linearne jednadžbe koja uvažava utjecaj intervala između mužnji. Utvrđeni dnevni sadržaj laktoze u mlijeku nije potrebno korigirati. Dnevne količine komponenti mlijeka izračunavaju se na temelju sadržaja i izračunate dnevne količine mlijeka.

Uzorci mlijeka analiziraju se u Središnjem laboratoriju za kontrolu kvalitete mlijeka (SLKM), HAPIH-a, koji se nalazi u Križevcima. Postupak uzimanja uzoraka mlijeka prilikom kontrole mliječnosti kao i laboratorijska ispitivanja uzoraka propisuje Međunarodna organizacija za kontrolu proizvodnosti domaćih životinja (ICAR). SLKM priprema i osigurava ambalažu za uzimanje uzoraka mlijeka, koju putem svojih vozila opremljenim rashladnim uređajima, distribuira do svih otkupljivača mlijeka, područnih ureda i farmi koje provode kontrolu mliječnosti. Prilikom isporuke prazne ambalaže za uzimanje uzoraka mlijeka, od otkupljivača mlijeka, područnih ureda i farmi preuzimaju se uzorci mlijeka koji se transportiraju prema laboratoriju. Uzorci mlijeka ispituju se na kemijski sastav koji uključuje sadržaj mliječne masti, proteina, laktoze, suhe tvari, suhe tvari bez masti, ureje i točke leđišta te dodatno na sadržaj kazeina, slobodnih masnih kiselina, pH vrijednost mlijeka i sadržaj ketonskih tijela u mlijeku.

U SLKM analize se obavljaju sukladno akreditiranim laboratorijskim metodama, odnosno koristi se infracrvena spektrofotometrija za određivanje udjela mliječne masti, proteina, laktoze i ureje te fluoro-opto-elektronska metoda za brojanje somatskih stanica.

Ispitivanje uzoraka mlijeka u laboratoriju provodi se suvremenom analitičkom opremom. Kemijska kvaliteta mlijeka ispituje se na četiri MilkoScan analizatora, dva MilkoScan FT 6000 i dva MilkoScan 7 RM, koji se nalaze u combi sustavu zajedno s Fossomatic analizatorima za utvrđivanje broja somatskih stanica.

Rezultati analiza kontrole kvalitete uzoraka mlijeka preuzeti su u elektronskoj formi. Preuzeti podaci statistički su analizirani na FAZOS-u.

Baza podataka kontrole mliječnosti krava Holstein pasmine, korištena u ovom istraživanju, inicijalno je sadržavala 5.691.083 zapisa prikupljenih na kontrolni dan u razdoblju od 1. siječnja 2005. do 31. prosinca 2022. Prije provođenja statističkih analiza, provedena je detaljna logička kontrola podataka, koristeći SAS/STAT software. U okviru te kontrole, iz baze podataka su uklonjeni zapisi koji su sadržavali nelogične ili fiziološki nemoguće vrijednosti za ključne varijable. Prema preporukama ICAR-a (2009.), iz baze podataka izbrisani su zapisi koji su imali ekstremne vrijednosti dnevne proizvodnje mlijeka ( $< 3$  kg ili  $> 100$  kg), dnevnog sadržaja mliječne masti ( $< 1,5$  % ili  $> 9$  %), te dnevnog sadržaja bjelančevina ( $< 1$  % ili  $> 7$  %). Dodatno, uklonjeni su i zapisi s nedostajućim ili nelogičnim vrijednostima za druge važne varijable, kao što su stadij laktacije ( $< 5$  dana ili  $> 400$  dana), redosljed laktacije ( $< 1$  ili  $> 10$ ), kao i zapisi s nedosljednim ili nekompletnim informacijama o datumu teljenja, datumu kontrole mliječnosti te šifri farme. Ove kontrole kvalitete podataka bile su neophodne kako bi se eliminirali potencijalni izvori pogrešaka te osigurala statistička validnost i pouzdanost rezultata koji proizlaze iz daljnje analize. Nakon primjene ove logične kontrole podataka, konačna baza podataka obuhvaćala je ukupno 3.953.637 zapisa na kontrolni dan.

Nadalje, nakon logične kontrole podataka, krave Holstein pasmine grupirane su prema različitim parametrima kako bi se analizirali faktori koji utječu na njihovu proizvodnju mlijeka i emisiju amonijaka. Grupiranje je provedeno na temelju stadija laktacije, redosljeda laktacije i sezonskih uvjeta u kojima je provedena kontrola mliječnosti.

S obzirom na stadij laktacije, krave su podijeljene u četiri grupe: prva grupa obuhvaćala je krave u laktaciji kraćoj od 100 dana, druga grupa krave u laktaciji između 100 i 200 dana, treća grupa krave u laktaciji između 200 i 300 dana, a četvrta grupa krave u laktaciji dužoj od 300 dana. Kako bi se omogućila detaljnija analiza, krave su također razvrstane u jedanaest uži grupa, uključujući intervale od po 30 dana laktacije (npr.  $< 30$  dana, 30–60 dana, i tako dalje

do 300 dana, uz posljednju grupu > 300 dana). Ova podjela po grupama omogućava precizniju analizu proizvodnih parametara krava tijekom različitih faza laktacijskog ciklusa.

S obzirom na redoslijed laktacije, krave su razvrstane u pet različitih grupa. Prva grupa obuhvaćala je krave u prvoj laktaciji, druga grupa krave u drugoj laktaciji, treća grupa krave u trećoj laktaciji, četvrta grupa krave u četvrtoj laktaciji, dok su u petu grupu uključene krave koje su bile u petoj ili kasnijim laktacijama. Grupiranje prema redoslijedu laktacije omogućuje analizu kako redoslijed laktacije utječe na proizvodne rezultate i metabolizam, što može imati značajan utjecaj na emisiju amonijaka.

Nadalje, zapisi na kontrolni dan grupirani su prema sezoni u kojoj su podaci prikupljeni. Na temelju datuma kontrole, podaci su svrstani u četiri sezonske grupe: proljeće (ožujak, travanj i svibanj), ljeto (lipanj, srpanj i kolovoz), jesen (rujan, listopad i studeni) i zima (prosinac, siječanj i veljača). Sezonsko grupiranje omogućuje analizu utjecaja klimatskih uvjeta na proizvodne parametre krava, s obzirom na to kako sezonske promjene mogu imati značajan utjecaj na zdravlje životinja i proizvodnju mlijeka.

S obzirom na geografsku lokaciju farmi, zapisi na kontrolni dan mliječnosti krava Holstein pasmine grupirani su u tri regije uzgoja: istočna Hrvatska, središnja Hrvatska i mediteranska Hrvatska. Ove regije predstavljaju različite agroekološke zone koje se razlikuju po klimatskim uvjetima, tipu tla i vegetaciji, što može utjecati na proizvodne parametre mliječnih krava.

Nadalje, tijekom analitičkog dijela istraživanja, na temelju utvrđene dnevne vrijednosti sadržaja ureje u mlijeku krava pod kontrolom mliječnosti, provedena je procjena dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka (mg/dl) – MUN te dnevna emisija amonijaka (g/kravi/dan) – EA uporabom sljedećih jednadžbi:

$$\text{MUN (mg/dl)} = \text{UREJA} * 0.46 \text{ (Spiekers \& Obermaier, 2012.)}$$

$$\text{EA (g/kravi dnevno)} = 25.0 + 5.03 * \text{MUN (Burgos et al., 2010.)}$$

gdje je:

UREJA = dnevni sadržaj ureje u mlijeku (mg/dl),

MUN = sadržaj dušika u ureji mlijeka (mg/dl) (Grbeša, 2019.)

EA = dnevna emisija amonijaka (g/kravi/dan).

Tijekom analitičkog dijela istraživanja, na temelju statističke analize prikupljenih i integriranih baza podataka, utvrđena je značajnost pojedinih fiksnih utjecaja (stadij i redoslijed laktacije, sezona kontrole mliječnosti te regija uzgoja krava) te povezanost između promatranih skupina svojstava, uključujući količinu i sastav mlijeka krava te kemijski sastav krmiva u obroku. Kao rezultat tih analiza, razvijeni su sljedeći modeli:

- Statistički modeli za indirektnu procjenu emisije amonijaka pojedinog grla u proizvodnji, temeljeni na podacima redovne kontrole mliječnosti i primjeni tehnologija preciznog mliječnog govedarstva. Ovi modeli, označeni kao modeli A, B, C, D i E, uključivali su varijance uzrokovane stadijem laktacije, redoslijedom laktacije, sezonom i regijom uzgoja.
- Statistički modeli za procjenu utjecaja hranidbe na emisiju amonijaka, koji se temelje na odabranim komponentama kemijskog sastava pojedinih krmiva u obroku. Ovi modeli, označeni kao modeli A, B, C i D, uzimali su u obzir varijance koje proizlaze iz redoslijeda laktacije, sezona kontrole i specifičnosti farmi uzgoja.

Nakon evaluacije testiranih statističkih modela, izrađene su smjernice razvoja *modela optimizacije hranidbe* za mliječne krave kojima se može utjecati na smanjenje emisije amonijaka s farmi mliječnih krava.

Za evaluaciju predikcijskih mogućnosti primijenjenih modela korištene su sljedeće mjere:

- *Korigirani koeficijent determinacije*,  $R^2_{adj}$ , koji mjeri udio varijabilnosti pojašnjene modelom:

$$R^2_{adj} = 1 - \frac{MS_E}{MS_T}$$

gdje je:

- $MS_E$  – varijanca pogreške modela,
- $MS_T$  – ukupna varijanca modela.
- *standardna devijacija pogreške*,  $RMS_E$ , odnosno standardna devijacija razlike između stvarnih i vrijednosti procijenjenih modelom:

$$RMS_E = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y})^2}{n}}$$

gdje je:

- $n$  – broj mjerenja,
- $y_i$  – stvarna vrijednost,
- $\hat{y}$  – vrijednosti procijenjene modelom.
- *srednja vrijednost i standardna devijacija pogreške*,  $e_{avg \pm eSD}$ , koja mjeri apsolutnu pogrešku.

Za provođenje statističke analize u ovom istraživanju korišten je SAS/STAT softver (SAS Institute Inc., 2000), koji omogućava naprednu statističku obradu velikih skupova podataka. SAS/STAT je posebno koristan za modeliranje složenih statističkih modela, procjenu varijanci, analizu fiksnih i slučajnih učinaka te testiranje hipoteza. Za vizualizaciju rezultata analize korišten je SAS Enterprise Guide (SAS Institute Inc., 2000), koji pruža korisnički pristupačno okruženje za izradu izvješća i grafički prikaz rezultata.

### 3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

#### 3.1. Analiza varijabilnosti proizvodnih karakteristika (dnevna količina te sastav mlijeka) mliječnih krava pod uzgojno selekcijskim radom

Rezultati analize fenotipske varijabilnosti proizvodnih karakteristika i to dnevne količine te sastava mlijeka (dnevni sadržaj te dnevna količina mliječne masti i proteina) mliječnih krava pod uzgojno selekcijskim radom prikazani su u tablicama u nastavku.

Tablica 1. Osnovni statistički parametri dnevnih svojstava mliječnosti

Svojstvo	N	Mean	SD	KV, %	SE	Min	Max
<b>DKM, kg</b>	5411650	22,76	9,76	42,88	0,00	3,00	99,90
<b>DSMM, %</b>	5544603	4,17	0,98	23,44	0,00	1,50	9,00
<b>DSP, %</b>	5579436	3,45	0,47	13,74	0,00	1,01	7,00
<b>DKMM, kg</b>	5287610	0,94	0,44	47,24	0,00	0,05	7,94
<b>DKP, kg</b>	5319298	0,77	0,31	40,39	0,00	0,06	4,97

\* DKM = dnevna količina mlijeka (kg); DSMM = dnevni sadržaj mliječne masti (%); DSP = dnevni sadržaj proteina (%); DKMM = dnevna količina mliječne masti (kg); DKP = dnevna količina proteina (kg); N = apsolutni broj krava; Mean = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, KV = koeficijent varijabilnosti; SE = standardna pogreška; Min = minimum, Max = maksimum

U Tablici 1. prikazani su osnovni statistički parametri vezani uz dnevnu količinu mlijeka (DKM), dnevni sadržaj mliječne masti (DSMM), dnevni sadržaj proteina (DSP), dnevnu količinu mliječne masti (DKMM) i dnevnu količinu mliječnih proteina (DKP). Rezultati su izvedeni iz velikog broja uzoraka (preko 5 milijuna za svaki parametar), što pruža čvrstu osnovu za pouzdane zaključke.

Dnevna količina mlijeka (DKM, kg): prosječna vrijednost dnevne količine mlijeka od 22,76 kg s relativno visokom standardnom devijacijom od 9,76 kg ukazuje na značajne razlike među kravama u njihovoj sposobnosti proizvodnje mlijeka. Visoki koeficijent varijacije (42,88 %) dodatno potvrđuje ovu varijabilnost, što može biti rezultat genetskih faktora, uvjeta držanja ili hranidbe.

Dnevni sadržaj mliječne masti (DSMM, %): prosječna vrijednost dnevnog sadržaja mliječne masti iznosi 4,17 %, sa standardnom devijacijom od 0,98 %. Relativno niska standardna devijacija u usporedbi s proizvodnjom mlijeka upućuje na to kako je udio mliječne masti stabilniji među različitim kravama. Koeficijent varijabilnosti od 23,44 % ukazuje na manju varijabilnost, dok minimalne i maksimalne vrijednosti (1,50 % do 9,00 %) pokazuju određenu varijabilnost u kvaliteti mlijeka, koja može biti važna za specifične mliječne proizvode.

Dnevni sadržaj proteina (DSP, %): s prosječnom vrijednosti dnevnog sadržaja proteina od 3,45 % i standardnom devijacijom od 0,47 %, mliječni proteini pokazuju najmanju varijabilnost među analiziranim svojstvima (koeficijent varijabilnosti od 13,74 %). Ovo ukazuje na relativno stabilan postotak proteina u mlijeku, što je važno za konzistentnost u proizvodnji mliječnih proizvoda kao što su sirevi.

Dnevna količina mliječne masti (DKMM, kg): s prosječnom dnevnom količinom mliječne masti od 0,94 kg i standardnom devijacijom od 0,44 kg, vidimo kako je varijabilnost unutar uzorka značajna, s koeficijentom varijabilnosti od 47,24 %. Ove razlike mogu biti posljedica razlika u ukupnoj proizvodnji mlijeka i sastavu masti.

Dnevna količina proteina (DKP, kg): prosječna dnevna količina proteina iznosi 0,77 kg sa standardnom devijacijom od 0,31 kg. Koeficijent varijabilnosti od 40,39 % sugerira postojanje znatnih razlika među kravama u ovoj karakteristici, iako su te razlike nešto manje izražene nego kod mliječne masti.

Ova analiza pokazuje značajne razlike u proizvodnji mlijeka i njegovih komponenti među različitim kravama. Dok su udjeli mliječne masti i proteina relativno stabilni, količine proizvedenog mlijeka, masti i proteina pokazuju veliku varijabilnost. Ovi podaci mogu biti korisni u selekciji krava za različite ciljeve proizvodnje, kao i za optimizaciju hranidbenih strategija i upravljanja stokom.

Rezultati analize varijabilnosti proizvodnih karakteristika i to dnevne količine te sastava mlijeka (dnevni sadržaj te dnevna količina mliječne masti i proteina) mliječnih krava pod uzgojno-seleksijskim radom prema sezoni kontrole mliječnosti podijeljeni su u 4 razreda odnosno sezone i to: proljeće, ljeto, jesen i zima te su prikazani u nastavku u Tablici 2.

Tablica 2. Osnovni statistički parametri dnevnih svojstava mliječnosti prema sezoni kontrole mliječnosti ( proljeće, ljeto, jesen i zima)

Svojstvo	N	Mean	SD	KV, %	SE	Min	Max
<b>PROLJEĆE</b>							
<b>DKM, kg</b>	1423248	23,50	10,03	42,66	0,01	3,00	99,90
<b>DSMM, %</b>	1471608	4,13	0,96	23,22	0,00	1,50	9,00
<b>DSP, %</b>	1481268	3,42	0,46	13,38	0,00	1,06	7,00
<b>DKMM, kg</b>	1396825	0,96	0,45	47,26	0,00	0,05	6,47
<b>DKP, kg</b>	1405304	0,79	0,32	40,28	0,00	0,07	4,97
<b>LJETO</b>							
<b>DKM, kg</b>	1230201	22,64	9,30	41,07	0,01	3,00	99,40
<b>DSMM, %</b>	1264659	3,98	0,92	23,04	0,00	1,50	9,00
<b>DSP, %</b>	1273050	3,34	0,44	13,29	0,00	1,01	7,00
<b>DKMM, kg</b>	1196292	0,89	0,41	46,08	0,00	0,05	7,16
<b>DKP, kg</b>	1203996	0,75	0,29	39,08	0,00	0,06	4,44
<b>JESEN</b>							
<b>DKM, kg</b>	1379755	21,85	9,47	43,33	0,01	3,00	99,30
<b>DSMM, %</b>	1406383	4,24	0,99	23,44	0,00	1,50	9,00
<b>DSP, %</b>	1415213	3,52	0,49	13,92	0,00	1,03	7,00
<b>DKMM, kg</b>	1349517	0,91	0,43	46,87	0,00	0,05	7,94
<b>DKP, kg</b>	1357721	0,76	0,31	40,41	0,00	0,06	4,33
<b>ZIMA</b>							
<b>DKM, kg</b>	1378446	23,00	10,09	43,86	0,10	3,00	99,50
<b>DSMM, %</b>	1401953	4,32	1,00	23,21	0,00	1,50	9,00
<b>DSP, %</b>	1409905	3,51	0,48	13,63	0,00	1,02	7,00
<b>DKMM, kg</b>	1344976	0,98	0,47	47,79	0,00	0,05	6,76
<b>DKP, kg</b>	1352277	0,79	0,33	41,09	0,00	0,07	4,87

\* DKM = dnevna količina mlijeka (kg); DSMM = dnevni sadržaj mliječne masti (%); DSP = dnevni sadržaj proteina (%); DKMM = dnevna količina mliječne masti (kg); DKP = dnevna količina proteina (kg); N = apsolutni broj krava; Mean = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, KV = koeficijent varijabilnosti; SE = standardna pogreška; Min = minimum, Max = maksimum



Tablica 2. pruža detaljan prikaz sezonskih varijacija u dnevnoj količini mlijeka (DKM), dnevnom sadržaju mliječne masti (DSMM), dnevnom sadržaju proteina (DSP), dnevnoj količini mliječne masti (DKMM) i dnevnoj količini proteina (DKP) kroz četiri godišnja doba: proljeće, ljeto, jesen i zimu. Analiza ovih varijacija omogućava bolje razumijevanje utjecaja sezonskih faktora, poput promjena u hranidbi, temperaturi i upravljanju stokom, na proizvodnju mlijeka i njegove komponente. Rezultati ukazuju na značajne sezonske razlike koje mogu imati važne implikacije za upravljanje stokom i optimizaciju proizvodnje.

Tijekom proljeća, prosječna dnevna količina mlijeka (DKM) iznosi 23,50 kg, što predstavlja najveću vrijednost među sezonskim varijacijama. Visoka standardna devijacija od 10,03 kg, u kombinaciji s koeficijentom varijabilnosti (KV) od 42,66 %, ukazuje na značajnu varijabilnost među pojedinačnim kravama. Ova visoka proizvodnja mlijeka može se pripisati optimalnim uvjetima za ispašu, poboljšanom kvalitetu paše i povoljnijim vremenskim uvjetima u proljeće, što doprinosi povećanoj proizvodnji mlijeka. Međutim, varijabilnost u proizvodnji između krava može ukazivati na različite sposobnosti iskorištavanja hranidbenih resursa i utjecaj genetskih faktora.

Prosječni dnevni sadržaj mliječne masti (DSMM) u proljeće iznosi 4,13 %, dok je prosječni dnevni sadržaj proteina (DSP) 3,42 %. Ove vrijednosti su nešto niže u odnosu na druge sezone, što sugerira kako proljetna ispaša može smanjiti koncentraciju masti i proteina u mlijeku, unatoč povećanoj ukupnoj proizvodnji mlijeka. To je vjerojatno posljedica povećanog volumena proizvodnje mlijeka, pri čemu se smanjuje koncentracija glavnih sastojaka. S obzirom na to kako proljetna ispaša često uključuje hranidbu bogatu proteinima i energijom, ovi rezultati ukazuju na važnost usklađivanja hranidbe kako bi se postigla optimalna ravnoteža između količine mlijeka i njegove kvalitete.

Dnevna količina mliječne masti (DKMM) i proteina (DKP) u proljeće iznosi 0,96 kg i 0,79 kg, što je popraćeno visokom varijabilnošću, s KV-om od 47,26 % za DKMM i 40,28 % za DKP. Ovi rezultati naglašavaju potrebu za individualiziranim pristupom u upravljanju stokom i hranidbi kako bi se smanjila varijabilnost između krava i povećala konzistentnost u proizvodnji mliječne masti i proteina.

Tijekom ljeta, prosječna dnevna količina mlijeka (DKM) blago opada na 22,64 kg, što je nešto niže u odnosu na proljeće. Koeficijent varijabilnosti također se smanjuje na 41,07 %, ukazujući na nešto ujednačeniju proizvodnju među kravama.

Pad u količini mlijeka može se pripisati toplinskom stresu kojem su krave izložene tijekom ljetnih mjeseci, što može negativno utjecati na njihovu proizvodnju. Visoke temperature i smanjena dostupnost kvalitetne paše tijekom ljeta također mogu ograničiti unos hrane i, posljedično, smanjiti proizvodnju mlijeka.

Dnevni sadržaj mliječne masti (DSMM) i proteina (DSP) također opada tijekom ljeta, pri čemu DSMM iznosi 3,98 %, a DSP 3,34 %. Ove su vrijednosti najniže među svim sezonskim varijacijama, što može biti povezano s negativnim utjecajem toplinskog stresa na metabolizam krava i promjenama u sastavu krmiva. Ljetni uvjeti, uključujući sušu i smanjenu kvalitetu paše, mogu dovesti do smanjenog unosa energije, što može rezultirati nižom koncentracijom masti i proteina u mlijeku.

Prosječna dnevna količina mliječne masti (DKMM) i proteina (DKP) u ljetnim mjesecima iznosi 0,89 kg i 0,75 kg, što je također niže u usporedbi s proljećem. Ovi rezultati potvrđuju potrebu za posebnim upravljanjem hranidbom tijekom ljeta, s fokusom na osiguranje adekvatnog unosa energije i proteina kako bi se minimizirale negativne posljedice toplinskog stresa.

Jesen donosi daljnji pad u prosječnoj dnevnoj količini mlijeka (DKM), koja iznosi 21,85 kg, što je najniža vrijednost među godišnjim dobima. Smanjenje proizvodnje mlijeka tijekom jeseni može biti povezano s promjenama u dostupnosti paše i prijelazom na zimsku hranidbu. Međutim, unatoč smanjenju količine mlijeka, dnevni sadržaj mliječne masti (DSMM) i proteina (DSP) blago se povećava, pri čemu DSMM iznosi 4,24 %, a DSP 3,52 %. Ovaj porast u udjelu sastojaka može se objasniti smanjenjem volumena mlijeka, što rezultira koncentracijom masti i proteina. Jesenska hranidba često uključuje koncentrirane obroke, što može pridonijeti poboljšanju kvalitete mlijeka u smislu sastava.

Dnevna količina mliječne masti (DKMM) i proteina (DKP) u jesen iznosi 0,91 kg i 0,76 kg, što predstavlja blagi porast u odnosu na ljeto, unatoč smanjenju ukupne proizvodnje mlijeka. Ovi rezultati sugeriraju kako jesen predstavlja prijelazno razdoblje u kojem se naglasak stavlja na održavanje kvalitete mlijeka, dok ukupna količina proizvodnje opada.

Tijekom zime, prosječna dnevna količina mlijeka (DKM) blago se povećava na 23,00 kg, približavajući se vrijednostima iz proljeća. Međutim, varijabilnost je najveća među godišnjim dobima, s koeficijentom varijabilnosti (KV) od 43,86 %.

Ovaj porast u varijabilnosti može biti rezultat različitih uvjeta držanja i hranidbe tijekom zime, kada su krave često ovisne o konzerviranim krmivima i koncentratima, što može dovesti do različitih reakcija na hranidbu među životinjama.

Zimski period pokazuje najveći prosječni sadržaj mliječne masti (DSMM) od 4,32 % i sadržaj proteina (DSP) od 3,51 %, što može biti posljedica intenzivnije hranidbe koncentratima i smanjenog toplinskog stresa. Povećanje udjela masti i proteina u mlijeku zimi također može biti povezano s manjom fizičkom aktivnošću krava i manjim gubitkom energije, što omogućuje veću koncentraciju ovih sastojaka u mlijeku.

Dnevna količina mliječne masti (DKMM) i proteina (DKP) tijekom zime iznosi 0,98 kg i 0,79 kg, što su najviše sezonske vrijednosti. Ovi rezultati ukazuju na to kako zima, unatoč manjoj proizvodnji mlijeka po jedinkama, pruža optimalne uvjete za povećanu proizvodnju mliječne masti i proteina, što može imati važne implikacije za proizvodnju visokokvalitetnih mliječnih proizvoda.

Ova analiza sezonskih varijacija jasno pokazuje kako sezonski čimbenici imaju značajan utjecaj na proizvodnju mlijeka i njegovih sastojaka. Dok proljeće i zima pokazuju najveće prosječne vrijednosti u proizvodnji mlijeka, ljeto donosi najniže vrijednosti zbog toplinskog stresa. S druge strane, jesen i zima pokazuju poboljšanje u sastavu mlijeka, s povećanim udjelom mliječne masti i proteina. Razumijevanje sezonskih varijacija važno je za optimizaciju hranidbe i upravljanja stokom, s ciljem postizanja stabilne i efikasne proizvodnje.

Rezultati analize varijabilnosti proizvodnih karakteristika i to dnevne količine te sastava mlijeka (dnevni sadržaj te dnevna količina mliječne masti i proteina) mliječnih krava pod uzgojno-seleksijskim radom prema regiji uzgoja mliječnih krava podijeljeni su u 3 razreda i to: središnja Hrvatska, istočna Hrvatska i mediteranska Hrvatska te su prikazani u nastavku u Tablici 3.

Tablica 3. Osnovni statistički parametri dnevnih svojstava mliječnosti prema regiji uzgoja mliječnih krava (središnja Hrvatska, istočna Hrvatska i mediteranska Hrvatska)

Svojstvo	N	Mean	SD	KV, %	SE	Min	Max
<b>Središnja Hrvatska</b>							
<b>DKM, kg</b>	2237569	20,59	8,71	42,30	0,01	3,00	99,40
<b>DSMM, %</b>	2277935	4,23	0,95	22,51	0,00	1,50	9,00
<b>DSP, %</b>	2288604	3,44	0,49	14,28	0,00	1,04	7,00
<b>DKMM, kg</b>	2193854	0,86	0,39	45,79	0,00	0,05	7,94
<b>DKP, kg</b>	2203826	0,70	0,28	40,46	0,00	0,07	4,97
<b>Istočna Hrvatska</b>							
<b>DKM, kg</b>	2913627	24,39	10,22	41,92	0,01	3,00	99,90
<b>DSMM, %</b>	2932266	4,15	1,00	23,98	0,00	1,50	9,00
<b>DSP, %</b>	2951872	3,46	0,46	13,30	0,00	1,02	7,00
<b>DKMM, kg</b>	2843008	1,00	0,47	47,12	0,00	0,05	7,46
<b>DKP, kg</b>	2861521	0,83	0,32	39,94	0,00	0,06	4,44
<b>Mediteranska Hrvatska</b>							
<b>DKM, kg</b>	260023	23,12	9,36	40,50	0,01	3,00	98,90
<b>DSMM, %</b>	255818	3,89	0,93	23,95	0,00	1,50	9,00
<b>DSP, %</b>	259056	3,39	0,46	13,64	0,00	1,62	6,98
<b>DKMM, kg</b>	250424	0,88	0,38	43,27	0,00	0,05	5,71
<b>DKP, kg</b>	253623	0,77	0,29	37,60	0,00	0,06	4,85

\* DKM = dnevna količina mlijeka (kg); DSMM = dnevni sadržaj mliječne masti (%); DSP = dnevni sadržaj proteina (%); DKMM = dnevna količina mliječne masti (kg); DKP = dnevna količina proteina (kg); N = apsolutni broj krava; Mean = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, KV = koeficijent varijabilnosti; SE = standardna pogreška; Min = minimum, Max = maksimum

Rezultati analize prikazani u Tablici 3. jasno ukazuju na regionalne varijacije u proizvodnim karakteristikama mliječnih krava, uključujući dnevnu količinu mlijeka (DKM), dnevni sadržaj mliječne masti (DSMM) i proteina (DSP) te dnevnu količinu mliječne masti (DKMM) i proteina (DKP) u tri ključne regije Hrvatske: središnja, istočna i mediteranska Hrvatska. Ove varijacije odražavaju kompleksnu interakciju genetskih čimbenika, klimatskih uvjeta, hranidbenih praksi i sustava uzgoja prisutnih u svakoj regiji.

U središnjoj Hrvatskoj, prosječna dnevna količina mlijeka iznosi 20,59 kg, uz značajnu varijabilnost među farmama, što je vidljivo kroz standardnu devijaciju (SD) od 8,71 kg i koeficijent varijabilnosti (KV) od 42,30 %. Ove visoke vrijednosti KV-a sugeriraju kako proizvodne razlike među farmama u regiji mogu biti posljedica različitih uvjeta uzgoja, tehnologije proizvodnje i genetike stoke. Minimalna proizvodnja od 3,00 kg i maksimalna proizvodnja od 99,40 kg ukazuju na prisutnost ekstremnih proizvodnih vrijednosti, koje bi mogle biti rezultat superiornih genetskih svojstava kod pojedinih životinja ili specifičnih sustava upravljanja na pojedinim farmama.

Sadržaj mliječne masti (DSMM) u središnjoj Hrvatskoj iznosi u prosjeku 4,23 %, uz SD od 0,95 % i KV od 22,51 %. Ova razina varijabilnosti u sadržaju mliječne masti može ukazivati na varijacije u hranidbenim praksama, osobito u pogledu energetske vrijednosti hrane. S druge strane, dnevna količina mliječne masti (DKMM) od 0,86 kg pokazuje visoku varijabilnost (KV = 45,79 %), što sugerira kako hranidba i upravljanje kravama imaju značajan utjecaj na proizvodnju mliječne masti.

Sadržaj proteina (DSP) u središnjoj Hrvatskoj pokazuje manju varijabilnost (KV = 14,28 %) u odnosu na mliječnu mast, s prosječnom vrijednošću od 3,44 %. Ova stabilnost u sadržaju proteina može biti povezana s konzistentnijom kvalitetom hrane u regiji. Dnevna količina proteina (DKP) iznosi 0,70 kg, također uz visoku varijabilnost (KV = 40,46 %), što sugerira korištenje različitih hranidbenih strategija na različitim farmama ili postojanje genetskih razlika među stadima.

Istočna Hrvatska, s prosječnom dnevnom proizvodnjom mlijeka od 24,39 kg, pokazuje viši prosjek u odnosu na središnju Hrvatsku. Međutim, varijabilnost među farmama ostaje značajna (KV = 41,92 %), što upućuje na različite proizvodne prakse i uvjete u regiji. Viša prosječna proizvodnja mlijeka u istočnoj Hrvatskoj može biti rezultat povoljnijih klimatskih i hranidbenih uvjeta, kao i boljih genetskih linija u uzgoju.

Sadržaj mliječne masti u istočnoj Hrvatskoj je nešto niži (4,15 %) u odnosu na središnju Hrvatsku, ali varijabilnost (KV = 23,98 %) ostaje slična, što upućuje na postojanje značajnih razlika u uvjetima hranjenja i upravljanja stokom unutar regije. Zanimljivo je primijetiti kako istočna Hrvatska pokazuje višu prosječnu dnevnu količinu mliječne masti (1,00 kg) u usporedbi s ostalim regijama, uz nešto veću varijabilnost (KV = 47,12 %).

Sadržaj proteina u istočnoj Hrvatskoj (3,46 %) je blago viši u odnosu na središnju Hrvatsku, uz manju varijabilnost (KV = 13,30 %), što ukazuje na stabilniju kvalitetu mlijeka u ovoj regiji. Dnevna količina proteina (0,83 kg) je također viša nego u središnjoj Hrvatskoj, uz sličnu varijabilnost (KV = 39,94 %).

Mediteranska Hrvatska ima prosječnu dnevnu količinu mlijeka od 23,12 kg, što je između vrijednosti zabilježenih u središnjoj i istočnoj Hrvatskoj. Varijabilnost (KV = 40,50 %) ostaje visoka, ukazujući na razlike među farmama, što može biti posljedica specifičnih klimatskih uvjeta i sustava uzgoja u ovoj regiji. Iako je prosječan sadržaj mliječne masti u mediteranskoj regiji niži (3,89 %) u odnosu na ostale regije, varijabilnost (KV = 23,95 %) je slična, što sugerira konzistentnost u uvjetima proizvodnje mlijeka.

Sadržaj proteina u mediteranskoj Hrvatskoj (3,39 %) pokazuje slične vrijednosti kao i ostale regije, uz minimalnu varijabilnost (KV = 13,64 %). Dnevna količina proteina iznosi 0,77 kg, uz relativno manju varijabilnost (KV = 37,60 %) u odnosu na ostale regije, što može ukazivati na specifične hranidbene prakse u ovoj klimatski izazovnoj regiji.

Ova analiza ukazuje na jasne regionalne razlike u proizvodnji mlijeka i njegovih komponenti, pri čemu istočna Hrvatska pokazuje najviše vrijednosti za većinu parametara, dok središnja Hrvatska pokazuje najveću varijabilnost među farmama. Mediteranska Hrvatska, iako s prosječno nižim sadržajem masti i proteina, također ima visoke vrijednosti varijabilnosti, što može biti posljedica specifičnih klimatskih uvjeta. Ovi rezultati sugeriraju potrebu za regionalno prilagođenim strategijama upravljanja i hranidbe kako bi se optimizirala proizvodnja mlijeka i njegovih komponenti, uzimajući u obzir specifične uvjete i potrebe svake regije.

Rezultati analize varijabilnosti proizvodnih karakteristika i to dnevne količine te sastava mlijeka (dnevni sadržaj te dnevna količina mliječne masti i proteina) mliječnih krava pod uzgojno-seleksijskim radom prema redoslijedu laktacije prikazani su u Tablici 4.

Prema redoslijedu laktacije, krave su podijeljene u 5 razreda:

- I (prva laktacija – prvotelke),
- II (druga laktacije – krave u drugoj laktaciji),
- III (treća laktacija – krave u trećoj laktaciji),
- IV (četvrta laktacije – krave u četvrtoj laktaciji),
- V (peta i više laktacije – krave u petoj i višim laktacijama).

Za prvotelke, prosječna dnevna količina mlijeka iznosila je 21,67 kg s varijacijom od 8,05 kg, dok su minimalne i maksimalne vrijednosti bile 3,00 kg i 99,40 kg. Dnevni sadržaj mliječne masti bio je 4,17 % sa standardnom devijacijom od 0,95 %, a minimalne i maksimalne vrijednosti su se kretale između 1,50 % i 9,00 %. Sadržaj proteina iznosio je 3,46 % s varijacijom od 0,46 %, dok su minimalne i maksimalne vrijednosti bile 1,01 % i 7,00 %. Dnevna količina mliječne masti bila je 0,89 kg sa standardnom devijacijom od 0,36 kg, s rasponom od 0,05 kg do 6,35 kg, dok je dnevna količina proteina iznosila 0,74 kg s varijacijom od 0,26 kg, a raspon je bio od 0,06 kg do 4,97 kg.

Kod krava u drugoj laktaciji, prosječna dnevna količina mlijeka iznosila je 23,92 kg s varijacijom od 10,54 kg, dok su minimalne i maksimalne vrijednosti bile 3,00 kg i 99,50 kg. Dnevni sadržaj mliječne masti bio je 4,19 % s varijacijom od 0,99 %, a minimalne i maksimalne vrijednosti bile su 1,50 % i 9,00 %. Sadržaj proteina iznosio je 3,48 % s varijacijom od 0,48 %, a raspon je bio od 1,04 % do 7,00 %. Dnevna količina mliječne masti bila je 0,99 kg s varijacijom od 0,48 kg, s rasponom od 0,05 kg do 7,16 kg, dok je dnevna količina proteina iznosila 0,82 kg s varijacijom od 0,33 kg, a raspon je bio od 0,07 kg do 4,80 kg.

Krave u trećoj laktaciji imale su prosječnu dnevnu količinu mlijeka od 24,00 kg s varijacijom od 10,90 kg, dok su minimalne i maksimalne vrijednosti bile 3,00 kg i 99,30 kg. Dnevni sadržaj mliječne masti iznosio je 4,19 % s varijacijom od 1,00 %, dok su minimalne i maksimalne vrijednosti bile 1,50 % i 9,00 %. Sadržaj proteina bio je 3,44 % s varijacijom od 0,48 %, a raspon je bio od 1,04 % do 7,00 %. Dnevna količina mliječne masti bila je 0,99 kg s varijacijom od 0,50 kg, s rasponom od 0,05 kg do 6,69 kg, dok je dnevna količina proteina iznosila 0,81 kg s varijacijom od 0,34 kg, a raspon je bio od 0,06 kg do 4,38 kg.

Kod krava u četvrtoj laktaciji, prosječna dnevna količina mlijeka iznosila je 23,15 kg s varijacijom od 10,66 kg, dok su minimalne i maksimalne vrijednosti bile 3,00 kg i 99,90 kg. Dnevni sadržaj mliječne masti bio je 4,16 % s varijacijom od 0,99 %, raspon je bio od 1,50 % do 9,00 %. Sadržaj proteina iznosio je 3,42 % s varijacijom od 0,48 %, dok su minimalne i maksimalne vrijednosti bile 1,10 % i 7,00 %. Dnevna količina mliječne masti bila je 0,95 kg s varijacijom od 0,49 kg, s rasponom od 0,05 kg do 7,94 kg, dok je dnevna količina proteina iznosila 0,78 kg s varijacijom od 0,34 kg, a raspon je bio od 0,07 kg do 4,87 kg.

Za krave u petoj i višim laktacijama, prosječna dnevna količina mlijeka bila je 21,10 kg s varijacijom od 9,77 kg, dok su minimalne i maksimalne vrijednosti bile 3,00 kg i 98,90 kg. Dnevni sadržaj mliječne masti bio je 4,11 % s varijacijom od 0,98 %, a raspon je bio od 1,50 % do 9,00 %. Sadržaj proteina iznosio je 3,38 % s varijacijom od 0,47 %, dok su minimalne i maksimalne vrijednosti bile 1,09 % i 7,00 %. Dnevna količina mliječne masti bila je 0,86 kg s varijacijom od 0,45 kg, s rasponom od 0,05 kg do 6,57 kg, dok je dnevna količina proteina iznosila 0,70 kg s varijacijom od 0,31 kg, a raspon je bio od 0,07 kg do 4,48 kg.

Prosječna dnevna količina mlijeka povećava se s brojem laktacija, dostižući najvišu vrijednost u trećoj laktaciji (24,00 kg) prije nego što se blago smanji u četvrtoj (23,15 kg) te u petoj i višim laktacijama (21,10 kg). Ovaj trend ukazuje na to kako krave dosežu svoju maksimalnu proizvodnu sposobnost tijekom treće laktacije, nakon čega dolazi do postupnog opadanja proizvodnje. Varijabilnost u količini mlijeka također se povećava s brojem laktacija, s najvećim koeficijentom varijabilnosti (46,28 %) kod krava u petoj i višim laktacijama. Najmanja varijabilnost u dnevnoj količini mlijeka zabilježena je kod prvotelki (37,16 %). Ova veća varijabilnost u kasnijim laktacijama može biti posljedica različitih faktora, uključujući promjene u hranidbi, zdravlju i općem stanju krava.

Sadržaj mliječne masti pokazuje manju varijabilnost između različitih faza laktacije, s prosječnim vrijednostima koje variraju od 4,11 % kod krava u petoj i višim laktacijama do 4,19 % kod drugotelki i trećetelki. Iako se prosječni sadržaj mliječne masti ne mijenja značajno kroz laktacije, varijabilnost sadržaja mliječne masti je najveća kod krava u četvrtoj laktaciji (23,88 %) i najmanja kod prvotelki (22,84 %). Ova varijabilnost može ukazivati na promjene u hranidbenim praksama i načinu upravljanja kravama kroz različite faze laktacije.



Tablica 4. Osnovni statistički parametri dnevnih svojstava mliječnosti prema redosljedu laktacije (I, II, III, IV, V)

Svojstvo	N	Mean	SD	KV, %	SE	Min	Max
<b>Redosljed laktacije = I</b>							
<b>DKM, kg</b>	2021687	21,67	8,05	37,16	0,01	3,00	99,40
<b>DSMM, %</b>	2092067	4,17	0,95	22,84	0,00	1,50	9,00
<b>DSP, %</b>	2105398	3,46	0,46	13,42	0,00	1,01	7,00
<b>DKMM, kg</b>	1971529	0,89	0,36	40,47	0,00	0,05	6,35
<b>DKP, kg</b>	1983456	0,74	0,26	35,66	0,00	0,06	4,97
<b>Redosljed laktacije = II</b>							
<b>DKM, kg</b>	1449729	23,92	10,54	44,05	0,01	3,00	99,50
<b>DSMM, %</b>	1470891	4,19	0,99	23,72	0,00	1,50	9,00
<b>DSP, %</b>	1480070	3,48	0,48	13,88	0,00	1,04	7,00
<b>DKMM, kg</b>	1416740	0,99	0,48	48,24	0,00	0,05	7,16
<b>DKP, kg</b>	1425199	0,82	0,33	40,85	0,00	0,07	4,80
<b>Redosljed laktacije = III</b>							
<b>DKM, kg</b>	917498	24,00	10,90	45,43	0,01	3,00	99,30
<b>DSMM, %</b>	930556	4,19	1,00	23,88	0,00	1,50	9,00
<b>DSP, %</b>	936111	3,44	0,48	13,90	0,00	1,04	7,00
<b>DKMM, kg</b>	897922	0,99	0,50	50,47	0,00	0,05	6,69
<b>DKP, kg</b>	903107	0,81	0,34	42,44	0,00	0,06	4,38
<b>Redosljed laktacije = IV</b>							
<b>DKM, kg</b>	517224	23,15	10,66	46,06	0,02	3,00	99,90
<b>DSMM, %</b>	527669	4,16	0,99	23,88	0,00	1,50	9,00
<b>DSP, %</b>	530990	3,42	0,48	13,89	0,00	1,10	7,00
<b>DKMM, kg</b>	506290	0,95	0,49	51,31	0,00	0,05	7,94
<b>DKP, kg</b>	509273	0,78	0,34	43,37	0,00	0,07	4,87
<b>Redosljed laktacije = V</b>							
<b>DKM, kg</b>	505512	21,10	9,77	46,28	0,01	3,00	98,90
<b>DSMM, %</b>	523420	4,11	0,98	23,71	0,00	1,50	9,00
<b>DSP, %</b>	526867	3,38	0,47	13,87	0,00	1,09	7,00
<b>DKMM, kg</b>	495129	0,86	0,45	51,66	0,00	0,05	6,57
<b>DKP, kg</b>	498263	0,70	0,31	44,21	0,00	0,07	4,48

DKM = dnevna količina mlijeka (kg); DSMM = dnevni sadržaj mliječne masti (%); DSP = dnevni sadržaj proteina (%); DKMM = dnevna količina mliječne masti (kg); DKP = dnevna količina proteina (kg); N = apsolutni broj krava; Mean = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, KV = koeficijent varijabilnosti; SE = standardna pogreška; Min = minimum, Max = maksimum

Količina mliječne masti u mlijeku pokazuje najvišu prosječnu vrijednost u trećoj laktaciji (0,99 kg), s blagim opadanjem u četvrtoj (0,95 kg) te u petoj i višim laktacijama (0,86 kg). Varijabilnost u količini mliječne masti je najveća kod krava u petoj i višim laktacijama (51,66 %), što ukazuje na veći raspon u proizvodnji mliječne masti unutar ove grupe. Prvotelke pokazuju najmanju varijabilnost (40,47 %), što može biti rezultat stabilnijih uvjeta u njihovim početnim fazama laktacije.

Prosječni dnevni sadržaj proteina u mlijeku također pokazuje visoke vrijednosti u drugoj laktaciji (3,48 %), dok opada u četvrtoj laktaciji (3,42 %) te također u petoj i višim laktacijama (3,38 %). Varijabilnost sadržaja proteina je najveća kod trećetelki (13,90 %) i najmanja kod prvotelki (13,42 %). Ova varijabilnost može odražavati promjene u hranidbenim potrebama i zdravlju krava, koje postaju sve važnije u kasnijim laktacijama.

Dnevna količina proteina u mlijeku pokazuje najvišu prosječnu vrijednost u drugoj laktaciji (0,82 kg), dok opada u četvrtoj (0,78 kg) i petoj i višim laktacijama (0,70 kg). Najveća varijabilnost u količini proteina zabilježena je kod krava u petoj i višim laktacijama (44,21 %), dok je najmanja kod prvotelki (35,66 %). Ova veća varijabilnost u kasnijim laktacijama može biti povezana s promjenama u hranidbenim potrebama i mogućim zdravstvenim problemima.

Rezultati iz Tablice 4. ukazuju na to kako mliječne krave dostižu vrhunac u proizvodnji mlijeka i njegovih sastojaka u trećoj laktaciji. Nakon treće laktacije, dolazi do postupnog opadanja u proizvodnji mlijeka, mliječne masti i proteina, dok varijabilnost u proizvodnji raste, osobito kod krava u petoj i višim laktacijama. Ovo povećanje varijabilnosti može biti povezano s različitim faktorima kao što su promjene u hranidbi, zdravlju i upravljanju krava. Za održavanje optimalne proizvodnje i zdravlja krava u kasnijim laktacijama, važno je usmjeriti pažnju na prilagodbu hranidbe i upravljanje, kako bi se smanjila varijabilnost i održala stabilnost u proizvodnji mlijeka.

Krave dostižu vrhunac u proizvodnji mlijeka i njegovih sastojaka u trećoj laktaciji, nakon čega dolazi do opadanja. Istovremeno, varijabilnost u proizvodnji (izražena kroz SD i KV) raste s brojem laktacija, posebno kod starijih krava, što ukazuje na veći raspon performansi unutar tih grupa. Ovi rezultati sugeriraju kako je treća laktacija najproduktivnija, a krave u kasnijim laktacijama zahtijevaju više pažnje zbog veće varijabilnosti u proizvodnji mlijeka. Optimalna hranidba i upravljanje u ovoj fazi mogu pomoći u održavanju proizvodnje i zdravlja krava.

Rezultati analize varijabilnosti proizvodnih karakteristika i to dnevne količine te sastava mlijeka (dnevni sadržaj te dnevna količina mliječne masti i proteina) mliječnih krava pod uzgojno-seleksijskim radom prema stadiju laktacije, pri čemu je stadij laktacije podijeljen u razrede dužine 100 dana, prikazani su u Tablici 5. Nadalje, prema stadiju laktacije krave su podijeljene u 4 razreda (I, II, III, IV):

- I. (prvih sto dana laktacije),
- II. (drugih sto dana laktacije),
- III. (trećih sto dana laktacije),
- IV. (više od tristo dana laktacije).

Rezultati analize varijabilnosti proizvodnih karakteristika (dnevne količine te sastava mlijeka) mliječnih krava prikazani u Tablici 5., nude uvid u promjene u dnevnoj količini mlijeka, sadržaju mliječne masti, sadržaju proteina te količinama masti i proteina tijekom različitih faza laktacije.

Tijekom prvih sto dana laktacije, prosječna dnevna količina mlijeka iznosila je 25,95 kg, s varijacijom od 10,94 kg. Minimalne i maksimalne vrijednosti bile su 3,00 kg i 99,90 kg. U ovom razdoblju, koeficijent varijabilnosti bio je najviši (42,18 %), što ukazuje na značajnu fluktuaciju u proizvodnji mlijeka. U drugoj fazi laktacije, koja obuhvaća drugih sto dana, prosječna količina mlijeka bila je 25,13 kg s varijacijom od 9,23 kg. Koeficijent varijabilnosti se smanjio na 36,72 %, što sugerira manju varijabilnost u proizvodnji mlijeka u odnosu na prvu fazu. U trećoj fazi laktacije, koja se odnosi na trećih sto dana, prosječna količina mlijeka opala je na 20,89 kg, uz varijaciju od 7,91 kg. Minimalne i maksimalne vrijednosti bile su 3,00 kg i 99,40 kg. U četvrtoj fazi laktacije, koja traje više od tristo dana, prosječna količina mlijeka dodatno je smanjena na 16,87 kg, s varijacijom od 6,86 kg. Minimalne i maksimalne vrijednosti bile su 3,00 kg i 99,40 kg. Opadanje količine mlijeka s vremenom ukazuje na trend smanjenja mliječne proizvodnje kako laktacija napreduje.

Dnevni sadržaj mliječne masti u prvoj fazi laktacije iznosio je 4,11 %, uz varijaciju od 1,06 %. Minimalne i maksimalne vrijednosti bile su 1,50 % i 9,00 %. U drugoj fazi, sadržaj mliječne masti smanjio se na 4,03 %, s varijacijom od 0,93 %. U trećoj fazi, sadržaj masti povećao se na 4,21 %, dok je u četvrtoj fazi bio 4,41 %. Koeficijent varijabilnosti u prvih sto dana bio je najviši (25,88 %), dok je u četvrtoj fazi bio najniži, 20,87 %.

Ovi podaci sugeriraju kako sadržaj mliječne masti pokazuje određene varijacije tijekom laktacije, ali ostaje relativno stabilan s tendencijom blagog povećanja u kasnijim fazama.

Tablica 5. Osnovni statistički parametri dnevnih svojstava mliječnosti prema stadiju laktacije (I, II, III, IV; razred = 100 dana)

Svojstvo	N	Mean	SD	KV, %	SE	Min	Max
<b>Stadij laktacije = I (&lt; 100 dana)</b>							
<b>DKM, kg</b>	1668017	25,95	10,94	42,18	0,01	3,00	99,90
<b>DSMM, %</b>	1731085	4,11	1,06	25,88	0,00	1,50	9,00
<b>DSP, %</b>	1746979	3,25	0,49	15,12	0,00	1,01	7,00
<b>DKMM, kg</b>	1623246	1,05	0,52	49,40	0,00	0,05	7,94
<b>DKP, kg</b>	1637594	0,83	0,34	40,74	0,00	0,06	4,38
<b>Stadij laktacije = II (100 – 200 dana)</b>							
<b>DKM, kg</b>	1410431	25,13	9,23	36,72	0,01	3,00	99,50
<b>DSMM, %</b>	1441937	4,03	0,93	23,20	0,00	1,50	9,00
<b>DSP, %</b>	1451439	3,35	0,36	10,80	0,00	1,04	7,00
<b>DKMM, kg</b>	1377925	1,01	0,43	42,45	0,00	0,05	6,29
<b>DKP, kg</b>	1386673	0,84	0,31	37,02	0,00	0,07	4,38
<b>Stadij laktacije = III (200 – 300 dana)</b>							
<b>DKM, kg</b>	1265363	20,89	7,91	37,86	0,01	3,00	99,40
<b>DSMM, %</b>	1288686	4,21	0,91	21,57	0,00	1,50	9,00
<b>DSP, %</b>	1294375	3,56	0,39	10,83	0,00	1,06	7,00
<b>DKMM, kg</b>	1239385	0,87	0,36	41,36	0,00	0,05	7,46
<b>DKP, kg</b>	1244572	0,74	0,28	37,73	0,00	0,73	4,97
<b>Stadij laktacije = IV (&gt; 300 dana)</b>							
<b>DKM, kg</b>	1067839	16,87	6,86	40,65	0,01	3,00	99,40
<b>DSMM, %</b>	1082895	4,41	0,92	20,87	0,00	1,50	9,00
<b>DSP, %</b>	1086643	3,78	0,46	12,19	0,00	1,03	7,00
<b>DKMM, kg</b>	1047054	0,74	0,32	43,12	0,00	0,05	5,83
<b>DKP, kg</b>	1050459	0,63	0,25	39,91	0,00	0,07	4,85

\* DKM = dnevna količina mlijeka (kg); DSMM = dnevni sadržaj mliječne masti (%); DSP = dnevni sadržaj proteina (%); DKMM = dnevna količina mliječne masti (kg); DKP = dnevna količina proteina (kg); N = apsolutni broj krava; Mean = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, KV = koeficijent varijabilnosti; SE = standardna pogreška; Min = minimum, Max = maksimum

Dnevni sadržaj proteina u prvoj fazi laktacije bio je 3,25 %, uz varijaciju od 0,49 %. Minimalne i maksimalne vrijednosti bile su 1,01 % i 7,00 %. U drugoj fazi, sadržaj proteina povećao se na 3,35 %, s varijacijom od 0,36 %. U trećoj fazi, sadržaj proteina porastao je na 3,56 %, dok je u četvrtoj fazi bio 3,78 %. Koeficijent varijabilnosti bio je najviši u prvih sto dana (15,12 %), a najmanji u drugoj fazi (10,80 %). Ovi rezultati pokazuju kako sadržaj proteina u mlijeku postupno raste tijekom laktacije i pokazuje smanjenu varijabilnost kako laktacija napreduje.

Dnevna količina mliječne masti u prvoj fazi laktacije bila je 1,05 kg, uz varijaciju od 0,52 kg. Minimalne i maksimalne vrijednosti bile su 0,05 kg i 7,94 kg. U drugoj fazi, količina masti smanjila se na 1,01 kg, dok je u trećoj fazi iznosila 0,87 kg, a u četvrtoj fazi 0,74 kg. Koeficijent varijabilnosti bio je najviši u prvoj fazi (49,40 %), a najniži u trećoj fazi (41,36 %).

Dnevna količina proteina u prvoj fazi laktacije bila je 0,83 kg, uz varijaciju od 0,34 kg. Minimalne i maksimalne vrijednosti bile su 0,06 kg i 4,38 kg. U drugoj fazi, količina proteina povećala se na 0,84 kg, dok je u trećoj fazi smanjena na 0,74 kg. U četvrtoj fazi, količina proteina bila je 0,63 kg. Koeficijent varijabilnosti bio je najviši u prvoj fazi (40,74 %), a najmanji u drugoj fazi (37,02 %).

Općenito, rezultati pokazuju smanjenje dnevne količine mlijeka i količina masti i proteina kako laktacija napreduje, što je u skladu s očekivanim smanjenjem ukupne mliječne proizvodnje u kasnijim fazama laktacije. Sadržaj mliječne masti i proteina ostaje relativno stabilan, ali se primjećuje kako su vrijednosti u kasnijim fazama laktacije nešto više nego u početnim fazama, dok varijabilnost u sadržaju mliječne masti i proteina opada tijekom laktacije.

Rezultati analize varijabilnosti proizvodnih karakteristika i to dnevne količine te sastava mlijeka (dnevni sadržaj te dnevna količina mliječne masti i proteina) mliječnih krava pod uzgojno-seleksijskim radom prema stadiju laktacije, pri čemu je stadij laktacije podijeljen u razrede dužine 30 dana, prikazani su u Tablici 6. Nadalje, prema stadiju laktacije krave su podijeljene u 11 razreda (I, II, III, ..., XI):

- I. (prvih trideset dana laktacije),
- II. (drugih trideset dana laktacije),
- III. (trećih trideset dana laktacije) ...,
- XI. (više od tristo dana laktacije).

Tablica 6. pruža detaljnu analizu varijabilnosti proizvodnih karakteristika mliječnih krava u različitim fazama laktacije, razvrstanih u 11 razreda prema trajanju laktacije, što omogućava uvid u promjene u dnevnoj količini mlijeka, sadržaju masti i proteina te u količinama masti i proteina tijekom vremena.

Analizom prosječnih vrijednosti dnevne količine mlijeka kroz različite faze laktacije, uočava se trend smanjenja mliječne proizvodnje kako laktacija napreduje. U prvih trideset dana laktacije (I), prosječna dnevna količina mlijeka iznosi 21,74 kg, što predstavlja najnižu količinu u usporedbi s kasnijim fazama. U drugom tridesetodnevnom razdoblju (II), prosječna dnevna količina mlijeka raste na 29.23 kg, dok u trećem tridesetodnevnom razdoblju (III) ostaje visoka, 28,39 kg. Nakon toga, dnevna količina mlijeka počinje opadati, dosegnuvši 16,87 kg u fazi dužoj od 300 dana (XI). Smanjenje proizvodnje mlijeka u kasnijim fazama laktacije odražava prirodan biološki proces opadanja laktacijske aktivnosti. Standardna devijacija, koja pokazuje varijabilnost u količini mlijeka, općenito se smanjuje kako laktacija napreduje, što sugerira smanjenje varijabilnosti u kasnijim fazama. Koeficijent varijabilnosti također opada s vremenom, što ukazuje na veću stabilnost u količini mlijeka u kasnijim fazama laktacije.

Dnevni sadržaj mliječne masti pokazuje relativnu stabilnost tijekom različitih faza laktacije, s prosječnim vrijednostima koje se kreću od 3,89 % u trećem tridesetodnevnom razdoblju (III) do 4,41 % u prvih trideset dana (I). Sadržaj mliječne masti ne pokazuje značajne promjene kroz faze laktacije, s minimalnim varijacijama između različitih faza. Koeficijent varijabilnosti je najveći u drugom tridesetodnevnom razdoblju (II) i najmanji u fazi dužoj od 300 dana (XI). Ovo sugerira kako su varijacije u sadržaju mliječne masti u većim dijelovima laktacije relativno stabilne i kako se povećavaju u prvim fazama laktacije.

Tablica 6. Osnovni statistički parametri dnevnih svojstava mliječnosti prema stadiju laktacije (I., II., III., ....., XI. razred = 30 dana)

Svojstvo	N	Mean	SD	KV, %	SE	Min	Max
<b>Stadij laktacije = I (&lt; 30 dana)</b>							
<b>DKM, kg</b>	647106	21,74	10,57	48,62	0,01	3,00	99,90
<b>DSMM, %</b>	686837	4,41	1,11	25,18	0,00	1,50	9,00
<b>DSP, %</b>	692607	3,49	0,57	16,21	0,00	1,01	7,00
<b>DKMM, kg</b>	629471	0,95	0,54	56,03	0,00	0,05	7,94
<b>DKP, kg</b>	634576	0,74	0,33	44,80	0,00	0,07	4,38
<b>Stadij laktacije = II (30 – 60 dana)</b>							
<b>DKM, kg</b>	436652	29,23	10,53	36,02	0,02	3,00	96,60
<b>DSMM, %</b>	446244	3,93	1,01	25,74	0,00	1,50	9,00
<b>DSP, %</b>	450884	3,03	0,35	11,57	0,00	1,07	6,99
<b>DKMM, kg</b>	424740	1,15	0,52	45,50	0,00	0,05	6,57
<b>DKP, kg</b>	428983	0,89	0,33	37,22	0,00	0,06	3,05
<b>Stadij laktacije = III (60 – 90 dana)</b>							
<b>DKM, kg</b>	438152	28,39	10,21	35,95	0,02	3,00	99,31
<b>DSMM, %</b>	448185	3,89	0,96	24,70	0,00	1,50	9,00
<b>DSP, %</b>	452441	3,12	0,35	11,32	0,00	1,17	6,90
<b>DKMM, kg</b>	426583	1,10	0,49	44,38	0,00	0,05	6,76
<b>DKP, kg</b>	430469	0,89	0,33	37,05	0,00	0,08	3,46
<b>Stadij laktacije = IV (90 – 120 dana)</b>							
<b>DKM, kg</b>	778391	23,64	9,59	40,57	0,01	3,00	99,50
<b>DSMM, %</b>	794277	4,09	0,95	23,13	0,00	1,50	9,00
<b>DSP, %</b>	799213	3,41	0,43	12,48	0,00	1,04	6,98
<b>DKMM, kg</b>	760986	0,95	0,43	44,69	0,00	0,05	7,46
<b>DKP, kg</b>	765497	0,80	0,31	39,04	0,00	0,08	4,48
<b>Stadij laktacije = V (120 – 150 dana)</b>							
<b>DKM, kg</b>	426365	25,78	9,34	36,23	0,01	3,00	96,60
<b>DSMM, %</b>	436323	4,00	0,94	23,45	0,00	1,50	9,00
<b>DSP, %</b>	439281	3,32	0,36	10,69	0,00	1,05	6,99
<b>DKMM, kg</b>	416476	1,03	0,44	42,51	0,00	0,05	5,93
<b>DKP, kg</b>	419193	0,86	0,32	36,79	0,00	0,08	4,38

<b>Stadij laktacije = VI (150 – 180 dana)</b>							
<b>DKM, kg</b>	418986	24,43	8,92	36,51	0,01	3,00	99,40
<b>DSMM, %</b>	428047	4,06	0,93	22,80	0,00	1,50	9,00
<b>DSP, %</b>	430745	3,38	0,36	10,55	0,00	1,22	6,96
<b>DKMM, kg</b>	409413	0,99	0,41	41,87	0,00	0,07	6,29
<b>DKP, kg</b>	411900	0,83	0,31	36,90	0,00	0,07	3,82
<b>Stadij laktacije = VII (180 – 210 dana)</b>							
<b>DKM, kg</b>	410997	23,18	8,51	36,70	0,01	3,00	99,40
<b>DSMM, %</b>	419631	4,12	0,92	22,30	0,00	1,50	9,00
<b>DSP, %</b>	421807	3,44	0,36	10,45	0,00	1,14	6,98
<b>DKMM, kg</b>	401942	0,95	0,39	41,36	0,00	0,06	5,37
<b>DKP, kg</b>	403933	0,80	0,30	37,02	0,00	0,08	3,83
<b>Stadij laktacije = VIII (210 – 240 dana)</b>							
<b>DKM, kg</b>	401881	21,89	8,09	36,97	0,01	3,00	98,90
<b>DSMM, %</b>	409827	4,16	0,91	21,84	0,00	1,50	9,00
<b>DSP, %</b>	411802	3,50	0,37	10,50	0,00	1,06	6,99
<b>DKMM, kg</b>	393468	0,90	0,37	41,01	0,00	0,05	4,81
<b>DKP, kg</b>	395288	0,77	0,29	37,17	0,00	0,07	4,87
<b>Stadij laktacije = IX (240 – 270 dana)</b>							
<b>DKM, kg</b>	385281	20,56	7,72	37,54	0,01	3,00	97,10
<b>DSMM, %</b>	385281	4,23	0,91	21,41	0,00	1,50	9,00
<b>DSP, %</b>	392337	3,57	0,38	10,68	0,00	1,16	7,00
<b>DKMM, kg</b>	377477	0,86	0,35	41,07	0,00	0,06	6,26
<b>DKP, kg</b>	379000	0,73	0,28	37,59	0,00	0,08	4,97
<b>Stadij laktacije = X (270 – 300 dana)</b>							
<b>DKM, kg</b>	343701	19,32	7,36	38,08	0,01	3,00	99,20
<b>DSMM, %</b>	349432	4,29	0,91	21,09	0,00	1,50	9,00
<b>DSP, %</b>	350784	3,64	0,40	10,99	0,00	1,16	6,98
<b>DKMM, kg</b>	336886	0,82	0,34	41,18	0,00	0,05	7,46
<b>DKP, kg</b>	338096	0,70	0,27	38,02	0,00	0,08	4,48
<b>Stadij laktacije = XI (&gt; 300 dana)</b>							
<b>DKM, kg</b>	1067839	16,87	6,86	40,65	0,01	3,00	99,40
<b>DSMM, %</b>	1082895	4,41	0,92	20,87	0,00	1,50	9,00



<b>DSP, %</b>	1086643	3,78	0,46	12,19	0,00	1,03	7,00
<b>DKMM, kg</b>	1047054	0,74	0,32	43,12	0,00	0,05	5,83
<b>DKP, kg</b>	1050459	0,63	0,25	39,91	0,00	0,07	4,85

DKM = dnevna količina mlijeka (kg); DSMM = dnevni sadržaj mliječne masti (%); DSP = dnevni sadržaj proteina (%); DKMM = dnevna količina mliječne masti (kg); DKP = dnevna količina proteina (kg); N = apsolutni broj krava; Mean = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, KV = koeficijent varijabilnosti; SE = standardna pogreška; Min = minimum, Max = maksimum

Sadržaj proteina u mlijeku također pokazuje relativnu stabilnost kroz faze laktacije, s blagim trendom rasta od 3,49 % u prvih trideset dana (I) do 3,78 % u fazi dužoj od 300 dana (XI). Koeficijent varijabilnosti proteina je najveći u prvih trideset dana laktacije (I) i smanjuje se u kasnijim fazama, što ukazuje na veću stabilnost u sadržaju proteina kako laktacija napreduje.

Prosječna količina mliječne masti po danu pokazuje opći trend smanjenja tijekom laktacije, s početnom vrijednošću od 0,95 kg u prvih trideset dana (I) i padom na 0,74 kg u fazi dužoj od 300 dana (XI). Koeficijent varijabilnosti je najviši u prvih trideset dana (I), što ukazuje na značajne varijacije u proizvodnji mliječne masti u ovom ranom stadiju laktacije. Varijabilnost se smanjuje u kasnijim fazama, što ukazuje na veću stabilnost u proizvodnji mliječne masti.

Količina proteina po danu pokazuje sličan trend kao i količina mlijeka, sa smanjenjem tijekom laktacije. Početne vrijednosti su 0,74 kg u prvih trideset dana (I) i smanjuju se na 0,63 kg u fazi dužoj od 300 dana (XI). Koeficijent varijabilnosti je najviši u prvih trideset dana (I), a smanjuje se u kasnijim fazama, što ukazuje na smanjenje varijabilnosti u količini proteina s napredovanjem laktacije.

Analizirani podaci pokazuju jasne trendove u varijabilnosti proizvodnih karakteristika mliječnih krava tijekom različitih faza laktacije. Dok se količina mlijeka, mliječne masti i proteina smanjuje kako laktacija napreduje, varijabilnost u ovim parametrima također opada u kasnijim fazama. Stabilnost u sadržaju masti i proteina povećava se tijekom laktacije, dok se varijabilnost u količini mlijeka i masti smanjuje s vremenom. Ovi rezultati mogu pružiti korisne smjernice za optimizaciju hranjenja i menadžmenta mliječnih krava kako bi se poboljšala učinkovitost proizvodnje i kvaliteta mlijeka.

### 3.2. Analiza varijabilnosti kemijskog sastava krmiva u obroku na odabranim mliječnim govedarskim farmama

Rezultati analize varijabilnosti kemijskog sastava krmiva u obroku mliječnih krava pod uzgojno selekcijskim radom prikazani su u tablicama nastavku. Nadalje, u Tablici 7. prikazani su osnovni statistički parametri sljedećih svojstava: konzumirana suha tvar, predviđeni unos suhe tvari, metabolička energija te metabolički protein u obrocima mliječnih krava na svim farmama obuhvaćenim provedenim istraživanjem.

Tablica 7. Osnovni statistički parametri konzumirane suhe tvari, predviđenog unosa suhe tvari, metaboličke energije te metaboličkog proteina u obrocima mliječnih krava

Svojstvo	N	Mean	SD	KV, %	SE	Min	Max
<b>Konzumirana ST, kg</b>	432	23,35	2,87	12,30	0,14	16,63	28,13
<b>Predviđena ST, kg</b>	432	20,76	1,98	9,53	0,10	12,69	24,40
<b>ME, MJ/kg ST</b>	431	101,44	4,93	4,86	0,24	86,90	121,30
<b>MP, g/kg ST</b>	431	97,63	4,51	4,62	0,22	81,60	109,00

\* Konzumirana ST = konzumirana suha tvar (kg); Predviđena ST = predviđen unos suhe tvari (kg); ME = metabolička energija (MJ/kg ST); MP = metabolički protein (g/kg ST); N = apsolutni broj krava; Mean = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, KV = koeficijent varijabilnosti; SE = standardna pogreška; Min = minimum, Max = maksimum

Rezultati prikazani u Tablici 7. pružaju detaljan uvid u varijabilnost kemijskog sastava krmiva u obrocima mliječnih krava, s posebnim naglaskom na konzumiranu suhu tvar, predviđeni unos suhe tvari, metaboličku energiju i metabolički protein. Prosječna vrijednost konzumirane suhe tvari iznosi 23,35 kg, s relativno visokim koeficijentom varijabilnosti od 12,30 %. Ova varijabilnost ukazuje na značajne razlike u konzumiranoj suhoj tvari između različitih krava i farmi, što može biti rezultat razlika u kvaliteti krmiva, metodama hranjenja ili individualnim preferencijama krava. Standardna devijacija od 2,87 kg ukazuje na to kako se konzumirana suha tvar kreće između 16,63 kg i 28,13 kg, što predstavlja značajan raspon. Ova varijabilnost naglašava potrebu za prilagodbom hranidbenih strategija kako bi se osigurala optimalna konzumacije suhe tvari koja zadovoljava nutritivne potrebe krava i maksimizira njihovu proizvodnju mlijeka.

Prosječna vrijednost predviđenog unosa suhe tvari (Predviđena ST) iznosi 20,76 kg s koeficijentom varijabilnosti od 9,53 %. Standardna devijacija od 1,98 kg ukazuje na to kako se predviđeni unos suhe tvari kreće između 12,69 kg i 24,40 kg.

Manja varijabilnost u odnosu na konzumiranu suhu tvar sugerira kako su predviđene vrijednosti stabilnije, ali i dalje ukazuje na potrebu za prilagodbom planiranja obroka kako bi se smanjio razmak između predviđenog unosa suhe tvari i konzumirane suhe tvari, čime se poboljšava učinkovitost hranidbenih strategija.

Prosječna vrijednost metaboličke energije iznosi 101,44 MJ/kg suhe tvari, uz standardnu devijaciju od 4,93 MJ/kg. Koeficijent varijabilnosti od 4,86 % sugerira kako je sadržaj metaboličke energije u krmivu relativno stabilan, s minimalnim varijacijama između 86,90 MJ/kg i 121,30 MJ/kg suhe tvari. Ova stabilnost u sadržaju metaboličke energije ukazuje na dosljednost u nutritivnom kvaliteti krmiva, što je ključno za održavanje optimalnog energetskeg statusa krava i njihovu učinkovitost u proizvodnji mlijeka.

Prosječna vrijednost metaboličkog proteina iznosi 97,63 g/kg suhe tvari s relativno niskim koeficijentom varijabilnosti od 4,62 %. Standardna devijacija od 4,51 g/kg ukazuje na raspon između 81,60 g/kg i 109,00 g/kg suhe tvari. Stabilnost u razini metaboličkog proteina sugerira kako krmivo pruža dosljedan izvor proteina za krave, što je važno za održavanje optimalne proizvodnje mlijeka i zdravlja stada.

Rezultati iz Tablice 7. ukazuju na značajnu varijabilnost u konzumiranoj suhoj tvari između krava i farmi, što može utjecati na učinkovitost hranidbenih strategija. Dok predviđeni unos suhe tvari i sadržaj metaboličke energije pokazuju relativnu stabilnost, varijabilnost u količini metaboličkog proteina ostaje niska, što ukazuje na dosljednost u kvaliteti krmiva. Prilagodba hranidbenih strategija na temelju ovih rezultata može poboljšati usklađenost između konzumirane suhe tvari i predviđenog unosa suhe tvari te optimizirati nutritivne potrebe krava, čime se potencijalno povećava produktivnost i učinkovitost sustava mliječne proizvodnje.

Rezultati analize varijabilnosti sljedećih svojstava: konzumirana suha tvar, predviđeni unos suhe tvari, metabolička energija te metabolički protein u obrocima mliječnih krava na svim farmama obuhvaćenim provedenim istraživanjem prema sezoni kontrole mliječnosti ( proljeće, ljeto, jesen i zima) prikazani su u Tablici 8.

Tablica 8. Osnovni statistički parametri konzumirane suhe tvari, predviđenog unosa suhe tvari, metaboličke energije te metaboličkog proteina u obrocima mliječnih krava prema sezoni kontrole mliječnosti ( proljeće, ljeto, jesen i zima)

Svojstvo	N	Mean	SD	KV, %	SE	Min	Max
<b>Proljeće</b>							
<b>Konzumirana ST, kg</b>	103	23,44	2,90	12,37	0,29	18,07	27,52
<b>Predviđena ST, kg</b>	103	21,12	1,75	8,30	0,17	17,61	24,03
<b>ME, MJ/kg ST</b>	103	100,96	4,28	4,24	0,42	89,60	113,90
<b>MP, g/kg ST</b>	103	96,62	4,53	4,69	0,45	84,70	104,50
<b>Ljeto</b>							
<b>Konzumirana ST, kg</b>	99	23,19	3,01	12,96	0,30	16,63	27,85
<b>Predviđena ST, kg</b>	99	19,85	2,25	11,32	0,23	12,69	22,97
<b>ME, MJ/kg ST</b>	99	98,76	5,80	5,87	0,58	86,90	121,30
<b>MP, g/kg ST</b>	99	96,47	4,53	4,69	0,46	81,60	107,80
<b>Jesen</b>							
<b>Konzumirana ST, kg</b>	97	23,28	2,78	11,93	0,28	17,95	28,13
<b>Predviđena ST, kg</b>	97	20,65	1,76	8,54	0,18	17,61	23,86
<b>ME, MJ/kg ST</b>	97	102,80	4,23	4,12	0,43	90,35	112,80
<b>MP, g/kg ST</b>	97	98,47	4,04	4,10	0,41	89,00	107,13
<b>Zima</b>							
<b>Konzumirana ST, kg</b>	133	23,45	2,84	12,13	0,25	16,93	28,10
<b>Predviđena ST, kg</b>	133	21,25	1,85	8,73	0,16	16,80	24,40
<b>ME, MJ/kg ST</b>	132	102,83	4,26	4,15	0,37	90,00	112,80
<b>MP, g/kg ST</b>	132	98,65	4,48	4,54	0,39	83,80	109,00

\* Konzumirana ST = Konzumirana suha tvar(kg); Predviđena ST = predviđen unos suhe tvari (kg); ME = metabolička energija (MJ/kg ST); MP = metabolički protein (g/kg ST); N = apsolutni broj krava; Mean = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, KV = koeficijent varijabilnosti; SE = standardna pogreška; Min = minimum, Max = maksimum

Rezultati prikazani u Tablici 8. pružaju uvid u sezonsku varijabilnost ključnih nutritivnih parametara u obrocima mliječnih krava, uključujući konzumiranu suhu tvar, predviđeni unos suhe tvari, metaboličku energiju i metabolički protein. Analizom rezultata možemo bolje razumjeti kako sezonske promjene utječu na hranidbene karakteristike krmiva i što to znači za upravljanje hranidbenim režimima na farmama.

Prosječne vrijednosti konzumirane suhe tvari pokazale su relativno stabilne rezultate kroz različite sezone, s prosjecima koji se kreću između 23,19 kg i 23,45 kg. Međutim, varijabilnost u konzumiranoj suhoj tvari bila je najveća tijekom ljetne sezone (koeficijent varijabilnosti od 12,96 %), a najmanja tijekom jesenske sezone (11,93 %). Ova sezonska varijabilnost može biti povezana s promjenama u kvaliteti krmiva, dostupnosti hrane i promjenama u apetitu krava zbog promjena u temperaturi i sadržaju hranjivih tvari u krmivu. Ljetne temperature mogu utjecati na konzumaciju hrane zbog promjene u kvaliteti paše i smanjenja apetita uslijed toplinskog stresa. U jesenskoj sezoni, kada su temperature umjerenije, krave mogu bolje kontrolirati konzumaciju hrane, što rezultira manjom varijabilnošću.

Prosječne vrijednosti predviđenog unosa suhe tvari variraju između 19,85 kg i 21,25 kg, s najvećim koeficijentom varijabilnosti tijekom ljetne sezone (11,32 %) i najmanjim tijekom proljetne sezone (8,30 %). Ova varijabilnost u predviđenom unosu može biti posljedica promjena u dostupnosti i kvaliteti krmiva, kao i promjena u metodama hranjenja. U ljetnim mjesecima, zbog varijacija u kvaliteti paše i promjena u hranidbenim potrebama krava, predviđeni unos može biti manje točan. Nasuprot tome, u proljeće, kada su uvjeti hranjenja stabilniji, predviđeni unos suhe tvari je precizniji, što može ukazivati na bolju prilagodbu modela hranjenja sezonskim uvjetima.

Prosječne vrijednosti metaboličke energije u krmivu kreću se između 98,76 MJ/kg ST i 102,83 MJ/kg ST kroz različite sezone. Koeficijent varijabilnosti bio je najviši tijekom ljetne sezone (5,87 %) i najniži u jesenskoj sezoni (4,12 %). Veća varijabilnost u ljetnim mjesecima može biti uzrokovana promjenama u kvaliteti krmiva kao rezultat varijacija u uvjetima rasta paše ili skladištenja krmiva. Jesenska sezona donosi stabilnije uvjete za proizvodnju krmiva, što rezultira manjom varijabilnošću u sadržaju metaboličke energije. Ova stabilnost u jesenskoj sezoni može biti korisna za optimalno planiranje hranidbe i prilagodbu potrebama krava.

Prosječne vrijednosti metaboličkog proteina variraju između 96,47 g/kg ST i 98,65 g/kg ST. Najveći koeficijent varijabilnosti zabilježen je tijekom proljetne sezone (4,69 %), dok je najmanji bio u jesenskoj sezoni (4,10 %).

Ova sezonska varijabilnost može biti povezana s promjenama u nutritivnom sastavu krmiva, osobito u odnosu na kvalitetu paše ili skladištenje krmiva. Proljetni mjeseci mogu donijeti veću varijabilnost u kvaliteti paše, što utječe na razinu metaboličkog proteina, dok jesenska sezona pruža stabilnije uvjete za skladištenje i pripremu krmiva, čime se smanjuje varijabilnost u sadržaju proteina.

Rezultati analize sezonske varijabilnosti nutritivnih parametara ukazuju na to kako sezonske promjene značajno utječu na konzumaciju suhe tvari, predviđeni unos suhe tvari, metaboličku energiju i metabolički protein u obrocima mliječnih krava. Varijabilnost u konzumaciji suhe tvari i predviđenom unosu može biti povezana s promjenama u kvaliteti krmiva i temperaturnim uvjetima, dok varijabilnost u metaboličkoj energiji i metaboličkom proteinu ukazuje na sezonske promjene u kvaliteti krmiva. Optimalno upravljanje hranidbenim strategijama, koje uključuje prilagodbu sezonskim promjenama, može pomoći u održavanju stabilnosti nutritivnih parametara i osigurati optimalnu proizvodnju i zdravlje krava.

Rezultati analize varijabilnosti sljedećih svojstava: konzumirana suha tvar, predviđeni unos suhe tvari, metabolička energija te metabolički protein u obrocima mliječnih krava prema farmi na kojoj je provedeno istraživanje prikazani su u Tablici 9.

Tablica 9. Osnovni statistički parametri konzumirane suhe tvari, predviđenog unosa suhe tvari, metaboličke energije te metaboličkog proteina u obrocima mliječnih krava prema farmi na kojoj je provedeno istraživanje (Farma 1, Farma 2, Farma 3 i Farma 4)

Svojstvo	N	Mean	SD	KV, %	SE	Min	Max
<b>Farma 1</b>							
<b>Konzumirana ST, kg</b>	99	22,66	2,85	12,57	0,29	17,95	28,13
<b>Predviđena ST, kg</b>	99	20,17	1,90	9,43	0,19	17,24	24,40
<b>ME, MJ/kg ST</b>	99	101,09	4,64	4,59	0,47	89,60	112,80
<b>MP, g/kg ST</b>	99	96,93	4,28	4,41	0,43	83,60	103,30
<b>Farma 2</b>							
<b>Konzumirana ST, kg</b>	206	23,92	2,84	11,88	0,20	16,63	27,81
<b>Predviđena ST, kg</b>	206	21,06	2,14	10,14	0,15	12,69	23,69
<b>ME, MJ/kg ST</b>	206	101,19	4,67	4,61	0,33	86,90	109,70
<b>MP, g/kg ST</b>	206	98,81	4,45	4,50	0,31	87,70	109,00
<b>Farma 3</b>							
<b>Konzumirana ST, kg</b>	32	23,53	3,06	13,01	0,54	19,33	28,04
<b>Predviđena ST, kg</b>	32	20,08	1,78	8,86	0,31	17,69	23,15
<b>ME, MJ/kg ST</b>	31	99,06	4,60	4,65	0,83	90,35	109,70
<b>MP, g/kg ST</b>	31	95,04	3,87	4,07	0,70	86,60	103,00
<b>Farma 4</b>							
<b>Konzumirana ST, kg</b>	95	22,75	2,66	11,69	0,27	18,08	27,40
<b>Predviđena ST, kg</b>	95	20,97	1,56	7,42	0,16	18,17	24,03
<b>ME, MJ/kg ST</b>	95	103,14	5,40	5,24	0,55	87,10	121,30
<b>MP, g/kg ST</b>	95	96,62	4,38	4,54	0,45	81,60	105,10

Konzumirana ST = konzumirana suha tvar (kg); Predviđena ST = predviđen unos suhe tvari (kg); ME = metabolička energija (MJ/kg ST); MP = metabolički protein (g/kg ST); N = apsolutni broj krava; Mean = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, KV = koeficijent varijabilnosti; SE = standardna pogreška; Min = minimum, Max = maksimum

Analiza nutritivnih parametara na različitim farmama pokazuje značajne varijacije u konzumiranoj suhoj tvari, predviđenom unosu suhe tvari, metaboličkoj energiji i metaboličkom proteinu. Na Farma 1, prosječna vrijednost konzumirane suhe tvari iznosila je 22,66 kg, sa standardnom devijacijom od 2,85 kg i rasponom između 17,95 i 28,13 kg. Farma 2 imala je prosječan unos od 23,92 kg, uz standardnu devijaciju od 2,84 kg i raspon od 16,63 do 27,81 kg. Na Farma 3, prosječna vrijednost bila je 23,53 kg, sa standardnom devijacijom od 3,06 kg i rasponom između 19,33 i 28,04 kg. Farma 4 pokazala je prosječan unos od 22,75 kg, uz standardnu devijaciju od 2,66 kg i raspon od 18,08 do 27,40 kg. Koeficijent varijabilnosti bio je najviši na Farma 3 (13,01 %), a najniži na Farma 4 (11,69 %).

Za predviđeni unos suhe tvari, na Farma 1 prosječna vrijednost iznosila je 20,17 kg, uz standardnu devijaciju od 1,90 kg i raspon od 17,24 do 24,40 kg. Farma 2 imala je prosječan unos od 21,06 kg, sa standardnom devijacijom od 2,14 kg i rasponom između 12,69 i 23,69 kg. Na Farma 3, prosječna vrijednost bila je 20,08 kg, uz standardnu devijaciju od 1,78 kg i raspon od 17,69 do 23,15 kg. Farma 4 pokazala je prosječan unos od 20,97 kg, sa standardnom devijacijom od 1,56 kg i rasponom od 18,17 – 24,03 kg. Koeficijent varijabilnosti bio je najviši na Farma 2 (10,14 %), dok je najniži bio na Farma 4 (7,42 %).

Prosječna vrijednost metaboličke energije bila je 101,09 MJ/kg ST na Farma 1, uz standardnu devijaciju od 4,64 MJ/kg ST i raspon od 89,60 do 112,80 MJ/kg ST. Na Farma 2, prosječna vrijednost iznosila je 101,19 MJ/kg ST, sa standardnom devijacijom od 4,67 MJ/kg ST i rasponom između 86,90 i 109,70 MJ/kg ST. Farma 3 imala je prosječnu vrijednost od 99,06 MJ/kg ST, uz standardnu devijaciju od 4,60 MJ/kg ST i raspon od 90,35 do 109,70 MJ/kg ST. Farma 4 pokazala je prosječnu vrijednost od 103,14 MJ/kg ST, sa standardnom devijacijom od 5,40 MJ/kg ST i rasponom između 87,10 i 121,30 MJ/kg ST. Koeficijent varijabilnosti bio je najviši na Farma 4 (5,87 %), dok je najniži bio na Farma 1 (4,59 %). Prosječna vrijednost metaboličkog proteina na Farma 1 bila je 96,93 g/kg ST, uz standardnu devijaciju od 4,28 g/kg ST i raspon od 83,60 do 103,30 g/kg ST. Farma 2 imala je prosječnu vrijednost od 98,81 g/kg ST, sa standardnom devijacijom od 4,45 g/kg ST i rasponom između 87,70 i 109,00 g/kg ST. Na Farma 3, prosječna vrijednost bila je 95,04 g/kg ST, uz standardnu devijaciju od 3,87 g/kg ST i raspon od 86,60 do 103,00 g/kg ST. Farma 4 pokazala je prosječnu vrijednost od 96,62 g/kg ST, sa standardnom devijacijom od 4,38 g/kg ST i rasponom između 81,60 i 105,10 g/kg ST.



Koeficijent varijabilnosti bio je najviši na Farma 4 (4,54 %), dok je najniži bio na Farma 3 (4,07 %). Ove varijacije ukazuju na razlike u praksama hranidbe, kvaliteti krmiva i metodama upravljanja hranidbom između farmi, što može imati značajan utjecaj na nutritivnu učinkovitost i zdravlje mliječnih krava.

Rezultati analize varijabilnosti sljedećih svojstava vezanih uz kemijski sastav krmiva: proizvedena količina mlijeka; procjena proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličke energije; procjena proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličkog proteina; količina suhe tvari za kg mlijeka na osnovi metaboličke energije; količina suhe tvari za kg mlijeka na osnovi metaboličkog proteina u obrocima mliječnih krava na svim farmama obuhvaćenim provedenim istraživanjem prikazani su u Tablici 10.

Tablica 10. Osnovni statistički parametri sljedećih svojstava: proizvedena količina mlijeka; procjena proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličke energije; procjena proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličkog proteina; količina suhe tvari za kg mlijeka na osnovi metaboličke energije; količina suhe tvari za kg mlijeka na osnovi metaboličkog proteina u obrocima mliječnih krava

Svojstvo	N	Mean	SD	KV, %	SE	Min	Max
<b>Proizvedena KM, kg</b>	428	32,15	7,43	23,11	0,36	15,00	42,00
<b>ME PKM, kg</b>	431	32,62	8,51	26,09	0,41	4,00	46,80
<b>MP PKM, kg</b>	431	31,06	8,02	25,81	0,39	14,20	44,70
<b>ME PKM/ST, kg</b>	431	1,38	0,22	16,12	0,01	0,70	1,78
<b>MP PKM/ST, kg</b>	431	1,31	0,22	16,44	0,01	0,76	1,66

\* Proizvedena KM = proizvedena količina mlijeka; ME PKM = procjena proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličke energije; MP PKM = procjena proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličkog proteina; ME PKM/ST = količina suhe tvari za kg mlijeka na osnovi metaboličke energije; MP PKM/ST = količina suhe tvari za kg mlijeka na osnovi metaboličkog proteina; N = apsolutni broj krava; Mean = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, KV = koeficijent varijabilnosti; SE = standardna pogreška; Min = minimum, Max = maksimum

Prosječna količina proizvedenog mlijeka (Proizvedena KM) iznosila je 32,15 kg, uz standardnu devijaciju od 7,43 kg, što ukazuje na značajnu varijabilnost u proizvodnji mlijeka među farmama. Minimalne i maksimalne vrijednosti proizvedenog mlijeka bile su 15,00 kg i 42,00 kg, respektivno. Koeficijent varijabilnosti za ovu varijablu bio je 23,11 %, što sugerira umjerenu varijabilnost u proizvodnji mlijeka među farmama.

Procjena proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličke energije imala je prosječnu vrijednost od 32,62 kg, uz standardnu devijaciju od 8,51 kg. Minimalne i maksimalne vrijednosti predikcije kretale su se između 4,00 kg i 46,80 kg. Koeficijent varijabilnosti bio je 26,09 %, što ukazuje na nešto veću varijabilnost u usporedbi s prosječnom proizvodnjom mlijeka.

Procjena proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličkog proteina pokazala je prosječnu vrijednost od 31,06 kg, uz standardnu devijaciju od 8,02 kg. Minimalne i maksimalne vrijednosti bile su 14,20 kg i 44,70 kg. Koeficijent varijabilnosti bio je 25,81 %, što je blizu vrijednosti za predikciju na osnovi metaboličke energije, pokazujući sličan stupanj varijabilnosti.

Količina suhe tvari za kilogram mlijeka na osnovi metaboličke energije imala je prosječnu vrijednost od 1,38 kg, uz standardnu devijaciju od 0,22 kg. Minimalne i maksimalne vrijednosti ove varijable bile su 0,70 kg i 1,78 kg. Koeficijent varijabilnosti za količinu suhe tvari na osnovi metaboličke energije bio je 16,12 %, što ukazuje na umjerenu varijabilnost.

Količina suhe tvari za kilogram mlijeka na osnovi metaboličkog proteina iznosila je prosječno 1,31 kg, uz standardnu devijaciju od 0,22 kg. Minimalne i maksimalne vrijednosti bile su 0,76 kg i 1,66 kg. Koeficijent varijabilnosti za ovu varijablu bio je 16,44 %, što je vrlo blizu koeficijentu varijabilnosti za količinu suhe tvari na osnovi metaboličke energije, ukazujući na sličan stupanj varijabilnosti u odnosu na različite metode predikcije.

Rezultati prikazani u Tablici 10. ukazuju na značajnu varijabilnost u proizvodnji mlijeka i povezanim nutritivnim parametrima među farmama. Ove varijacije mogu biti rezultat razlika u hranidbenim praksama, kvaliteti krmiva i drugih čimbenika koji utječu na proizvodnju mlijeka i nutritivne potrebe mliječnih krava. Analiza varijabilnosti također ukazuje na potrebu za preciznijim pristupima u procjeni proizvodnje mlijeka i planiranju hranjenja kako bi se optimizirali proizvodni rezultati i nutritivna učinkovitost na farmama.

Rezultati analize varijabilnosti sljedećih svojstava vezanih uz kemijski sastav krmiva: proizvedena količina mlijeka; procjena proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličke energije; procjena proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličkog proteina; količina suhe tvari za kg mlijeka na osnovi metaboličke energije; količina suhe tvari za kg mlijeka na osnovi metaboličkog proteina u obrocima mliječnih krava na svim farmama obuhvaćenim provedenim istraživanjem prema sezoni kontrole mliječnosti ( proljeće, ljeto, jesen i zima) prikazani su u Tablici 11.

Rezultati prikazani u Tablici 11. ukazuju na sezonske varijacije analiziranih svojstava. Prosječna količina proizvedenog mlijeka varirala je između sezona, s prosječnim vrijednostima od 32,49 kg u proljeće, 31,69 kg ljeti, 32,31 kg u jesen i 32,12 kg zimi. Standardna devijacija bila je 7,16 kg u proljeće, 7,77 kg ljeti, 7,42 kg u jesen i 7,46 kg zimi. Minimalne i maksimalne vrijednosti proizvedenog mlijeka kretale su se od 15,00 kg do 42,00 kg tijekom svih sezona. Koeficijent varijabilnosti bio je najviši ljeti (24,51 %), a najniži u proljeće (22,03 %).

Predikcija proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličke energije pokazuje prosječne vrijednosti od 32,76 kg u proljeće, 30,76 kg ljeti, 33,15 kg u jesen i 33,51 kg zimi. Standardna devijacija bila je 8,38 kg u proljeće, 8,71 kg ljeti, 8,47 kg u jesen i 8,38 kg zimi. Minimalne i maksimalne vrijednosti kretale su se između 4,00 kg i 46,80 kg. Najveći koeficijent varijabilnosti zabilježen je ljeti (28,32 %), dok je najmanji bio zimi (25,01 %).

Za predikciju proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličkog proteina, prosječne vrijednosti bile su 30,98 kg u proljeće, 30,05 kg ljeti, 31,61 kg u jesen i 31,49 kg zimi. Standardna devijacija iznosila je 7,95 kg u proljeće, 8,10 kg ljeti, 7,90 kg u jesen i 8,11 kg zimi. Minimalne i maksimalne vrijednosti kretale su se od 14,20 kg do 44,70 kg. Koeficijent varijabilnosti bio je najviši ljeti (26,94 %), a najniži u jesen (24,99 %). Prosječna količina suhe tvari za kilogram mlijeka na osnovi metaboličke energije bila je 1,38 kg u proljeće, 1,29 kg ljeti, 1,42 kg u jesen i 1,41 kg zimi. Standardna devijacija bila je 0,21 kg u proljeće, 0,23 kg ljeti, 0,22 kg u jesen i 0,22 kg zimi. Minimalne i maksimalne vrijednosti kretale su se od 0,70 kg do 1,78 kg. Koeficijent varijabilnosti bio je najveći ljeti (17,54 %), a najmanji u proljeće (15,22 %).

Za količinu suhe tvari za kilogram mlijeka na osnovi metaboličkog proteina, prosječne vrijednosti bile su 1,31 kg u proljeće, 1,27 kg ljeti, 1,34 kg u jesen i 1,32 kg zimi. Standardna devijacija iznosila je 0,21 kg u proljeće, 0,21 kg ljeti, 0,22 kg u jesen i 0,22 kg zimi. Minimalne i maksimalne vrijednosti su se kretale između 0,76 kg i 1,65 kg. Koeficijent varijabilnosti bio je najviši ljeti (16,69 %), a najniži u proljeće (16,28 %).

Tablica 11. Osnovni statistički parametri sljedećih svojstava: proizvedena količina mlijeka; procjena proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličke energije; procjena proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličkog proteina; količina suhe tvari za kg mlijeka na osnovi metaboličke energije; količina suhe tvari za kg mlijeka na osnovi metaboličkog proteina u obrocima mliječnih krava prema sezoni kontrole mliječnosti (proljeće, ljeto, jesen i zima)

Svojstvo	N	Mean	SD	KV, %	SE	Min	Max
<b>Proljeće</b>							
<b>Proizvedena KM, kg</b>	103	32,49	7,16	22,03	0,71	20,00	42,00
<b>ME PKM, kg</b>	103	32,76	8,38	25,57	0,83	16,20	46,80
<b>MP PKM, kg</b>	103	30,98	7,95	25,68	0,78	14,80	42,20
<b>ME PKM/ST, kg</b>	103	1,38	0,21	15,22	0,02	0,86	1,76
<b>MP PKM/ST, kg</b>	103	1,31	0,21	16,28	0,02	0,79	1,65
<b>Ljeto</b>							
<b>Proizvedena KM, kg</b>	99	31,69	7,77	24,51	0,78	15,00	42,00
<b>ME PKM, kg</b>	99	30,76	8,71	28,32	0,88	11,60	42,90
<b>MP PKM, kg</b>	99	30,05	8,10	26,94	0,81	14,30	40,60
<b>ME PKM/ST, kg</b>	99	1,29	0,23	17,54	0,02	0,70	1,62
<b>MP PKM/ST, kg</b>	99	1,27	0,21	16,69	0,02	0,76	1,55
<b>Jesen</b>							
<b>Proizvedena KM, kg</b>	97	32,31	7,42	22,95	0,75	20,00	42,00
<b>ME PKM, kg</b>	97	33,15	8,47	25,54	0,86	4,00	46,80
<b>MP PKM, kg</b>	97	31,61	7,90	24,99	0,80	16,80	44,50
<b>ME PKM/ST, kg</b>	97	1,42	0,22	15,24	0,02	0,86	1,75
<b>MP PKM/ST, kg</b>	97	1,34	0,22	16,30	0,02	0,86	1,66
<b>Zima</b>							
<b>Proizvedena KM, kg</b>	129	32,12	7,46	23,21	0,66	15,00	42,00
<b>ME PKM, kg</b>	133	33,51	8,38	25,01	0,73	16,50	46,30
<b>MP PKM, kg</b>	132	31,49	8,11	25,77	0,71	14,20	44,70
<b>ME PKM/ST, kg</b>	132	1,41	0,22	15,32	0,02	0,89	1,78
<b>MP PKM/ST, kg</b>	132	1,32	0,22	16,34	0,02	0,76	1,62

\* Proizvedena KM = proizvedena količina mlijeka; ME PKM = procjena proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličke energije; MP PKM = procjena proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličkog proteina; ME PKM/ST = količina suhe tvari za kg mlijeka na osnovi metaboličke energije; MP PKM/ST = količina suhe tvari za kg mlijeka na osnovi metaboličkog proteina; N = apsolutni broj krava; Mean = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, KV = koeficijent varijabilnosti; SE = standardna pogreška; Min = minimum, Max = maksimum

Utvrđeni rezultati ukazuju na to kako sezonske promjene značajno utječu na varijabilnost svojstava vezanih uz kemijski sastav krmiva: proizvedena količina mlijeka; procjena proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličke energije; procjena proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličkog proteina; količina suhe tvari za kg mlijeka na osnovi metaboličke energije; količina suhe tvari za kg mlijeka na osnovi metaboličkog proteina u obrocima mliječnih krava. Ljetni mjeseci često pokazuju veće varijacije u većini parametara, što može biti rezultat promjena u kvaliteti hrane, uvjetima okoliša ili nutritivnim potrebama krava. Proljetna sezona obično pokazuje manju varijabilnost u proizvodnji mlijeka i količini suhe tvari, što može ukazivati na stabilnije uvjete u tom periodu. Ovi nalazi pružaju važne informacije za optimizaciju hranidbenih strategija i prilagodbu hranidbenih potreba krava u različitim sezonskim uvjetima kako bi se osigurala stabilnost proizvodnje mlijeka tijekom cijele godine.

Rezultati analize varijabilnosti sljedećih svojstava vezanih uz kemijski sastav krmiva: proizvedena količina mlijeka; procjena proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličke energije; procjena proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličkog proteina; količina suhe tvari za kg mlijeka na osnovi metaboličke energije; količina suhe tvari za kg mlijeka na osnovi metaboličkog proteina u obrocima mliječnih krava prema farmi na kojoj je provedeno istraživanje prikazani su u Tablici 12.

Rezultati analize prikazani u Tablici 12. ukazuju na izrazitu varijabilnost prema farmi. Na Farma 1, prosječna količina proizvedenog mlijeka bila je 30,76 kg, s relativno visokom standardnom devijacijom od 7,90 kg, što ukazuje na znatnu varijabilnost u proizvodnji. Minimalne i maksimalne vrijednosti su se kretale između 20,00 i 42,00 kg, a koeficijent varijabilnosti bio je 25,75 %. Na Farma 2, prosječna proizvodnja mlijeka bila je 33,48 kg, s manjom standardnom devijacijom od 7,05 kg i koeficijentom varijabilnosti od 21,07 %. To sugerira da je proizvodnja mlijeka na ovoj farmi bila manje varijabilna u usporedbi s drugim farmama. Farma 3 imala je prosječnu proizvodnju mlijeka od 30,14 kg uz standardnu devijaciju od 7,90 kg, a koeficijent varijabilnosti bio je najviši među farmama s 26,20 %. Farma 4 zabilježila je prosječnu proizvodnju mlijeka od 31,33 kg, uz standardnu devijaciju od 7,18 kg i koeficijent varijabilnosti od 22,91 %.

Predikcija proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličke energije, na Farma 1 bila je 31,18 kg uz standardnu devijaciju od 7,82 kg, a koeficijent varijabilnosti bio je 25,07 %. Farma 2 pokazala je najvišu prosječnu vrijednost predikcije (33,76 kg) uz najveći koeficijent varijabilnosti od 30,49 %. Farma 3 imala je prosječnu vrijednost od 29,84 kg uz standardnu devijaciju od 9,10 kg i koeficijent varijabilnosti od 30,49 %, dok je Farma 4 imala prosječnu vrijednost od 32,54 kg, s koeficijentom varijabilnosti od 26,07 %.

Predikcija proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličkog proteina, na Farma 1 imala je prosječnu vrijednost od 29,21 kg, uz standardnu devijaciju od 7,51 kg i koeficijent varijabilnosti od 25,73 %. Farma 2 imala je najvišu prosječnu vrijednost od 33,00 kg, s koeficijentom varijabilnosti od 24,05 %. Farma 3 imala je najnižu prosječnu vrijednost (27,84 kg) uz koeficijent varijabilnosti od 29,77 %. Farma 4 zabilježila je prosječnu vrijednost od 29,85 kg uz standardnu devijaciju od 7,70 kg i koeficijent varijabilnosti od 25,78 %.

Tablica 12. Osnovni statistički parametri sljedećih svojstava: proizvedena količina mlijeka; procjena proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličke energije; procjena proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličkog proteina; količina suhe tvari za kg mlijeka na osnovi metaboličke energije; količina suhe tvari za kg mlijeka na osnovi metaboličkog proteina u obrocima mliječnih krava prema farmi na kojoj je provedeno istraživanje (Farma 1, Farma 2, Farma 3 i Farma 4)

Svojstvo	N	Mean	SD	KV, %	SE	Min	Max
<b>Farma 1</b>							
<b>Proizvedena KM, kg</b>	99	30,76	7,90	25,67	0,79	20,00	42,00
<b>ME PKM, kg</b>	99	31,18	7,82	25,07	0,79	16,10	44,20
<b>MP PKM, kg</b>	99	29,21	7,51	25,69	0,75	14,20	42,10
<b>ME PKM/ST , kg</b>	99	1,35	0,21	15,67	0,02	0,86	1,68
<b>MP PKM/ST, kg</b>	99	1,27	0,22	17,33	0,02	0,76	1,65
<b>Farma 2</b>							
<b>Proizvedena KM, kg</b>	206	33,48	7,05	21,07	0,49	15,00	40,00
<b>ME PKM, kg</b>	206	33,76	8,62	25,53	0,60	4,00	45,10
<b>MP PKM, kg</b>	206	33,00	7,94	24,05	0,55	15,50	44,70
<b>ME PKM/ST , kg</b>	206	1,40	0,22	15,46	0,02	0,70	1,70
<b>MP PKM/ST, kg</b>	206	1,36	0,20	14,98	0,01	0,85	1,62
<b>Farma 3</b>							
<b>Proizvedena KM, kg</b>	28	30,14	7,90	26,20	1,49	20,00	41,00
<b>ME PKM, kg</b>	31	29,84	9,10	30,49	1,63	17,19	42,00
<b>MP PKM, kg</b>	31	27,84	8,29	29,77	1,49	15,10	39,30
<b>ME PKM/ST , kg</b>	31	1,24	0,23	18,72	0,04	0,87	1,54
<b>MP PKM/ST, kg</b>	31	1,16	0,21	18,03	0,04	0,76	1,42
<b>Farma 4</b>							
<b>Proizvedena KM, kg</b>	95	31,33	7,18	22,92	0,74	20,00	42,00
<b>ME PKM, kg</b>	95	32,54	8,47	26,02	0,87	16,80	46,80
<b>MP PKM, kg</b>	95	29,85	7,70	25,80	0,79	15,30	44,50
<b>ME PKM/ST , kg</b>	95	1,41	0,23	16,05	0,02	0,88	1,78
<b>MP PKM/ST, kg</b>	95	1,29	0,21	15,85	0,02	0,82	1,66

\* Proizvedena KM = proizvedena količina mlijeka; ME PKM = procjena proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličke energije; MP PKM = procjena proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličkog proteina; ME PKM/ST = količina suhe tvari za kg mlijeka na osnovi metaboličke energije; MP PKM/ST = količina suhe tvari za kg mlijeka na osnovi metaboličkog proteina; N = apsolutni broj krava; Mean = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, KV = koeficijent varijabilnosti; SE = standardna pogreška; Min = minimum, Max = maksimum

Količina suhe tvari po kilogramu mlijeka na osnovi metaboličke energije: na Farma 1 prosječna vrijednost bila je 1,35 kg uz standardnu devijaciju od 0,21 kg i koeficijent varijabilnosti od 15,56 %. Farma 2 pokazala je prosječnu vrijednost od 1,40 kg uz standardnu devijaciju od 0,22 kg i koeficijent varijabilnosti od 15,46 %. Farma 3 imala je prosječnu vrijednost od 1,24 kg uz standardnu devijaciju od 0,23 kg i koeficijent varijabilnosti od 18,72 %, dok je Farma 4 imala prosječnu vrijednost od 1,41 kg, s koeficijentom varijabilnosti od 16,34 %.

Količina suhe tvari po kilogramu mlijeka na osnovi metaboličkog proteina bila je najviša na Farma 1 s prosječnom vrijednošću od 1,27 kg, uz standardnu devijaciju od 0,22 kg i koeficijent varijabilnosti od 17,32 %. Farma 2 imala je prosječnu vrijednost od 1,36 kg uz standardnu devijaciju od 0,20 kg i koeficijent varijabilnosti od 14,98 %. Farma 3 pokazala je najnižu prosječnu vrijednost od 1,16 kg uz standardnu devijaciju od 0,21 kg i koeficijent varijabilnosti od 18,03 %. Farma 4 imala je prosječnu vrijednost od 1,29 kg uz standardnu devijaciju od 0,21 kg i koeficijent varijabilnosti od 16,28 %.

Utvrđeni rezultati ukazuju na značajne razlike u varijabilnosti proizvodnje mlijeka i nutritivnih parametara među farmama. Farma 2 pokazuje najbolju stabilnost u većini parametara, dok Farma 3 često pokazuje najveću varijabilnost, što može ukazivati na potencijalne izazove u upravljanju hranidbenim strategijama ili uvjetima na toj farmi. Razumijevanje ovih varijacija može pomoći u optimizaciji hranidbenih režima i u poboljšanju stabilnosti proizvodnje mlijeka na različitim farmama.



Rezultati analize varijabilnosti sljedećih svojstava kemijskog sastava krmiva: kalcij; fosfor; balans kalcija u odnosu na potrebe, višak u gramima (g/dan); balans fosfora u odnosu na potrebe, višak u gramima (g/dan) u obrocima mliječnih krava na svim farmama obuhvaćenim provedenim istraživanjem prikazani su u Tablici 13.

Tablica 13. Osnovni statistički parametri sljedećih svojstava: kalcij; fosfor; balans kalcija u odnosu na potrebe, višak u gramima (g/dan); balans fosfora u odnosu na potrebe, višak u gramima (g/dan) u obrocima mliječnih krava

Svojstvo	N	Mean	SD	KV, %	SE	Min	Max
<b>Ca, % Rqd</b>	413	145,88	23,14	15,86	1,14	91,00	198,00
<b>P, % Rqd</b>	408	123,30	9,63	7,81	0,48	97,00	161,00
<b>Ca Balans, g/dan</b>	375	28,61	14,61	51,09	0,76	-0,40	62,90
<b>P Balans, g/dan</b>	375	12,28	5,05	41,14	0,26	-1,10	32,70

\* Ca, % Rqd = kalcij, postotak potrebnog; P, % Rqd = fosfor, postotak potrebnog; Ca Balans = balans kalcija u odnosu na potrebe, višak u gramima (g/dan); P Balans = balans fosfora u odnosu na potrebe, višak u gramima (g/dan); Mean = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, KV = koeficijent varijabilnosti; SE = standardna pogreška; Min = minimum, Max = maksimum

Analiza varijabilnosti kemijskog sastava krmiva na svim farmama obuhvaćenim istraživanjem indicira razlike u nutritivnim parametrima kao što su kalcij, fosfor te balansi ovih minerala u odnosu na potrebe mliječnih krava.

Prosječan postotak potrebnog kalcija (Ca) u krmivu iznosio je 145,88 %, s relativno visokom standardnom devijacijom od 23,14 %. Minimalne i maksimalne vrijednosti kretale su se od 91,00 % do 198,00 %, što ukazuje na značajne varijacije u sadržaju kalcija među različitim obrocima. Prosječan koeficijent varijabilnosti bio je 15,86 %, što ukazuje na umjerenu varijabilnost u sadržaju kalcija. Ova varijabilnost može biti posljedica različitih sastava krmiva i njihovih izvora kalcija, kao i različitih metoda skladištenja i pripreme krmiva.

Prosječan postotak potrebnog fosfora (P) bio je 123,30 %, uz standardnu devijaciju od 9,63 %. Minimalne i maksimalne vrijednosti su se kretale od 97,00 % do 161,00 %, što pokazuje manju varijabilnost u usporedbi s kalcijem. Prosječan koeficijent varijabilnosti bio je 7,81 %, što ukazuje na relativno stabilan sadržaj fosfora u krmivu u usporedbi s kalcijem. Ova stabilnost može odražavati uniformniji sastav fosfornih izvora u krmivima.

Prosječna vrijednost balansa kalcija u odnosu na potrebe iznosila je 28,61 g/dan, s velikom standardnom devijacijom od 14,61 g/dan.

Minimalne i maksimalne vrijednosti su bile -0,40 g/dan do 62,90 g/dan, što pokazuje značajne fluktuacije u balansu kalcija među farmama. Prosječan koeficijent varijabilnosti bio je visok (51,09 %), što ukazuje na veliku varijabilnost u sposobnosti krmiva u zadovoljenju potreba za kalcijem. Ova visoka varijabilnost može ukazivati na razlike u sastavu krmiva, kvaliteti izvora kalcija te potencijalne razlike u metodama hranjenja i nadopunjavanju kalcija.

Prosječna vrijednost balansa fosfora u odnosu na potrebe bila je 12,28 g/dan, uz standardnu devijaciju od 5,05 g/dan. Minimalne i maksimalne vrijednosti su se kretale od -1,10 g/dan do 32,70 g/dan, što ukazuje na manju varijabilnost u odnosu na balans kalcija. Prosječan koeficijent varijabilnosti bio je 41,14 %, što sugerira umjerenu do visoku varijabilnost u zadovoljavanju potreba za fosforom. Ova varijabilnost može biti rezultat različitih izvora fosfora u krmivu, kao i različitih hranidbenih praksi koje utječu na ukupni balans fosfora.

Utvrđeni rezultati ukazuju na značajnu varijabilnost u sadržaju kalcija i fosfora u krmivima te u njihovim balansom u odnosu na potrebe mliječnih krava. Visoka varijabilnost u balansu kalcija i fosfora može utjecati na zdravlje i proizvodnju mliječnih krava te sugerira potrebu za dodatnim praćenjem i prilagodbom hranidbenih strategija kako bi se osigurala optimalna nutritivna ravnoteža. Rješavanje varijabilnosti u krmivima može pomoći u poboljšanju efikasnosti hranjenja i smanjenju potencijalnih nutritivnih nedostataka.

Rezultati analize varijabilnosti sljedećih svojstava kemijskog sastava krmiva: kalcij; fosfor; balans kalcija u odnosu na potrebe, višak u gramima (g/dan); balans fosfora u odnosu na potrebe, višak u gramima (g/dan) u obrocima mliječnih krava na svim farmama obuhvaćenim provedenim istraživanjem prema sezoni kontrole mliječnosti prikazani su u Tablici 14.

Tablica 14. Osnovni statistički parametri sljedećih svojstava: kalcij; fosfor; balans kalcija u odnosu na potrebe, višak u gramima (g/dan); balans fosfora u odnosu na potrebe, višak u gramima (g/dan) u obrocima mliječnih krava prema sezoni kontrole mliječnosti ( proljeće, ljeto, jesen i zima)

Svojstvo	N	Mean	SD	KV, %	SE	Min	Max
<b>Proljeće</b>							
<b>Ca, % Rqd</b>	103	146,37	22,58	15,43	2,23	107,00	190,00
<b>P, % Rqd</b>	98	126,05	11,42	9,06	1,15	102,00	161,00
<b>Ca Balans, g/dan</b>	84	30,06	14,58	48,49	1,59	3,40	60,10
<b>P Balans, g/dan</b>	84	13,00	6,28	48,28	0,69	0,80	32,70
<b>Ljeto</b>							
<b>Ca, % Rqd</b>	95	136,45	22,51	16,50	2,31	91,00	174,00
<b>P, % Rqd</b>	95	120,82	8,49	7,03	0,87	102,00	146,00
<b>Ca Balans, g/dan</b>	82	23,50	14,12	60,09	1,56	-0,40	49,40
<b>P Balans, g/dan</b>	82	11,62	5,22	44,91	0,58	0,80	23,10
<b>Jesen</b>							
<b>Ca, % Rqd</b>	87	139,42	21,21	15,21	2,27	91,00	185,98
<b>P, % Rqd</b>	87	123,72	10,55	8,52	1,13	97,00	154,00
<b>Ca Balans, g/dan</b>	81	23,13	12,40	53,60	1,38	4,20	44,00
<b>P Balans, g/dan</b>	81	12,20	4,61	37,76	0,51	-1,10	25,60
<b>Zima</b>							
<b>Ca, % Rqd</b>	128	156,88	20,75	13,23	1,83	100,00	198,00
<b>P, % Rqd</b>	128	122,76	7,64	6,22	0,68	108,00	150,00
<b>Ca Balans, g/dan</b>	128	34,39	13,97	40,62	1,24	-0,10	62,90
<b>P Balans, g/dan</b>	128	12,27	4,25	34,59	0,38	3,10	25,90

\* Ca, % Rqd = kalcij, postotak potrebnog; P, % Rqd = fosfor, postotak potrebnog; Ca Balans = balans kalcija u odnosu na potrebe, višak u gramima (g/dan); P Balans = balans fosfora u odnosu na potrebe, višak u gramima (g/dan); Mean = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, KV = koeficijent varijabilnosti; SE = standardna pogreška; Min = minimum, Max = maksimum

Rezultati analize varijabilnosti kemijskog sastava krmiva prikazani u Tablici 14. pružaju uvid u sezonske varijacije u koncentracijama kalcija i fosfora te balansu ovih minerala u odnosu na potrebe mliječnih krava. Ovi rezultati su važni za razumijevanje kako sezonske promjene utječu na hranidbene potrebe i mogući prilagodbe u hranidbi.

Kada se razmatra postotak kalcija, u proljetnoj sezoni prosječan postotak potrebnog kalcija iznosi 146,37 % uz standardnu devijaciju od 22,58 %. Raspon vrijednosti kreće se od 107,00 % do 190,00 %. Koeficijent varijabilnosti iznosi 15,39 %, što sugerira umjerenu varijabilnost u koncentraciji kalcija. Tijekom ljetne sezone, prosječan postotak potrebnog kalcija je 136,45 % sa standardnom devijacijom od 22,51 %. Minimalne i maksimalne vrijednosti su od 91,00 % do 174,00 %. Koeficijent varijabilnosti iznosi 16,50 %, što je najviši zabilježeni koeficijent varijabilnosti, ukazujući na veću promjenjivost u ljetnim mjesecima. U jesenskoj sezoni, prosječan postotak potrebnog kalcija je 139,42 % uz standardnu devijaciju od 21,21 %. Raspon je od 91,00 % do 185,98 %. Koeficijent varijabilnosti je 15,22 %. U zimskoj sezoni, prosječan postotak potrebnog kalcija je 156,88 % uz standardnu devijaciju od 20,75 %. Minimalne i maksimalne vrijednosti su od 100,00 % do 198,00 %. Koeficijent varijabilnosti je 13,23 %, što je najmanji zabilježeni koeficijent varijabilnosti i ukazuje na manju promjenjivost u zimskim mjesecima.

Analiza varijabilnosti fosfora ukazuje kako je prosječan postotak potrebnog fosfora tijekom proljetne sezone 126,05 % uz standardnu devijaciju od 11,42 %. Raspon vrijednosti je od 102,00 % do 161,00 %. Koeficijent varijabilnosti je 9,06 %, što ukazuje na umjerenu varijabilnost. Ljeti, prosječan postotak potrebnog fosfora je 120,82 % sa standardnom devijacijom od 8,49 %. Minimalne i maksimalne vrijednosti su od 102,00 % do 146,00 %. Koeficijent varijabilnosti je 7,03 %. U jesenskoj sezoni, prosječan postotak potrebnog fosfora iznosi 123,72 % uz standardnu devijaciju od 10,55 %. Raspon je od 97,00 % do 154,00 %. Koeficijent varijabilnosti je 8,53 %. Zimi, prosječan postotak potrebnog fosfora je 122,76 % uz standardnu devijaciju od 7,64 %. Minimalne i maksimalne vrijednosti su od 108,00 % do 150,00 %. Koeficijent varijabilnosti je 6,22 %, što je najniži koeficijent varijabilnosti i pokazuje stabilnost u zimskim mjesecima.

Analiza balansa kalcija u odnosu na potrebe, ukazuje na prosječni višak kalcija u proljeće od 30,06 g/dan uz standardnu devijaciju od 14,58 g/dan. Raspon vrijednosti je od 3,40 do 60,10 g/dan. Koeficijent varijabilnosti je 60,09 %, što je najviši zabilježeni koeficijent varijabilnosti, ukazujući na značajnu varijabilnost u balansu kalcija.

Tijekom ljetne sezone, prosječni višak kalcija je 23,50 g/dan uz standardnu devijaciju od 14,12 g/dan. Raspon vrijednosti je od -0,40 do 49,40 g/dan. Koeficijent varijabilnosti je 60,09 %. U jesenskoj sezoni, prosječni višak kalcija je 23,13 g/dan sa standardnom devijacijom od 12,40 g/dan. Raspon vrijednosti je od 4,20 do 44,40 g/dan. Koeficijent varijabilnosti je 53,59 %. Zimi, prosječni višak kalcija je 34,39 g/dan uz standardnu devijaciju od 13,97 g/dan. Raspon vrijednosti je od -0,10 do 62,90 g/dan. Koeficijent varijabilnosti je 40,62 %.

Analiza balansa fosfora u odnosu na potrebe, ukazuje na prosječni višak fosfora u proljeće od 13,00 g/dan uz standardnu devijaciju od 6,28 g/dan. Raspon vrijednosti je od 0,80 do 32,70 g/dan. Koeficijent varijabilnosti je 48,28 %, što ukazuje na značajnu varijabilnost. Ljeti, prosječni višak fosfora iznosi 11,62 g/dan uz standardnu devijaciju od 5,22 g/dan. Raspon vrijednosti je od 0,80 do 23,10 g/dan. Koeficijent varijabilnosti je 44,95 %. U jesenskoj sezoni, prosječni višak fosfora je 12,20 g/dan sa standardnom devijacijom od 4,61 g/dan. Raspon vrijednosti je od -1,10 do 25,60 g/dan. Koeficijent varijabilnosti je 37,85 %. Zimi, prosječni višak fosfora je 12,27 g/dan uz standardnu devijaciju od 4,25 g/dan. Raspon vrijednosti je od 3,10 do 25,90 g/dan. Koeficijent varijabilnosti je 34,59 %, što je najniži zabilježeni koeficijent varijabilnosti i pokazuje stabilnost u zimskim mjesecima.

Sezonske varijacije u koncentracijama kalcija i fosfora pokazuju postojanje značajnog utjecaja sezonskih promjena na hranidbene karakteristike krmiva. Tijekom zime, postotak potrebnog kalcija je najviši, dok je fosfor stabilan, s nižim varijabilnostima u usporedbi s drugim sezonama. Ovo može biti povezano s promjenama u hranidbenim navikama, dostupnosti sirovina ili promjenama u formulaciji krmiva koje se javljaju tijekom različitih godišnjih doba. Najveća varijabilnost u balansu kalcija i fosfora zabilježena je tijekom proljeća i ljeta, što može ukazivati na potrebu za većom pažnjom u planiranju hranidbenih strategija i formulaciji krmiva kako bi se održala optimalna ravnoteža minerala. S druge strane, zimi, iako su prosječne vrijednosti višeg kalcija, varijabilnost je manja, što može olakšati upravljanje i smanjiti potrebu za čestim prilagodbama. Općenito, rezultati sugeriraju kako bi se u strategijama hranjenja mliječnih krava trebala uzeti u obzir sezonska prilagodba radi osiguranja dosljedne kvalitete krmiva i zadovoljenja hranidbenih potreba životinja tijekom cijele godine. Povećana pažnja na varijabilnost minerala u različitim sezonama može pomoći u optimizaciji proizvodnje mlijeka i očuvanju zdravlja krava.

Rezultati analize varijabilnosti sljedećih svojstava kemijskog sastava krmiva: kalcij; fosfor; balans kalcija u odnosu na potrebe, višak u gramima (g/dan); balans fosfora u odnosu na potrebe, višak u gramima (g/dan) u obrocima mliječnih krava prema farmi na kojoj je provedeno istraživanjem prikazani su u Tablici 15.

Tablica 15. Osnovni statistički parametri sljedećih svojstava: kalcij; fosfor; balans kalcija u odnosu na potrebe, višak u gramima (g/dan); balans fosfora u odnosu na potrebe, višak u gramima (g/dan) u obrocima mliječnih krava prema farmi na kojoj je provedeno istraživanje (Farma 1, Farma 2, Farma 3 i Farma 4)

Svojstvo	N	Mean	SD	KV, %	SE	Min	Max
<b>Farma 1</b>							
<b>Ca, % Rqd</b>	99	138,72	19,79	14,27	1,99	98,00	194,00
<b>P, % Rqd</b>	99	125,74	11,76	9,35	1,18	107,00	153,00
<b>Ca Balans, g/dan</b>	99	23,25	12,83	55,19	1,29	0,10	59,70
<b>P Balans, g/dan</b>	99	13,13	6,23	47,42	0,63	2,60	32,70
<b>Farma 2</b>							
<b>Ca, % Rqd</b>	199	151,24	23,98	15,85	1,70	98,28	198,00
<b>P, % Rqd</b>	194	122,42	7,39	6,03	0,53	97,00	147,56
<b>Ca Balans, g/dan</b>	169	32,79	15,13	46,15	1,16	-0,40	60,50
<b>P Balans, g/dan</b>	169	12,21	3,99	32,68	0,31	-1,10	21,70
<b>Farma 3</b>							
<b>Ca, % Rqd</b>	24	135,76	15,96	11,76	3,26	99,00	162,00
<b>P, % Rqd</b>	24	121,61	8,90	7,32	1,82	109,00	142,00
<b>Ca Balans, g/dan</b>	23	21,83	11,02	50,47	2,30	-0,40	38,60
<b>P Balans, g/dan</b>	23	11,77	4,64	39,41	0,97	3,90	19,30
<b>Farma 4</b>							
<b>Ca, % Rqd</b>	91	144,62	23,37	16,16	2,45	91,00	193,00
<b>P, % Rqd</b>	91	122,97	11,09	9,02	1,16	105,00	161,00
<b>Ca Balans, g/dan</b>	84	28,36	13,77	48,56	1,50	-0,10	62,90
<b>P Balans, g/dan</b>	84	12,56	5,46	47,22	0,60	2,00	32,60

\* Ca, % Rqd = kalcij, postotak potrebnog; P, % Rqd = fosfor, postotak potrebnog; Ca Balans = balans kalcija u odnosu na potrebe, višak u gramima (g/dan); P Balans = balans fosfora u odnosu na potrebe, višak u gramima (g/dan); Mean = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, KV = koeficijent varijabilnosti; SE = standardna pogreška; Min = minimum, Max = maksimum

Rezultati prikazani u Tablici 15. indiciraju značajne varijacije u kemijskom sastavu krmiva između različitih farmi i to sljedećih svojstava: kalcij; fosfor; balans kalcija u odnosu na potrebe, višak u gramima (g/dan) te balans fosfora u odnosu na potrebe, višak u gramima (g/dan) u obrocima mliječnih krava.

Na Farma 1, prosječan postotak potrebnog kalcija je 138,72 % sa standardnom devijacijom od 19,79 %. Minimalne i maksimalne vrijednosti su 98,00 % i 194,00 %. Koeficijent varijabilnosti iznosi 14,28 %. Ova farma ima relativno visoke varijacije u sadržaju kalcija, što može ukazivati na promjene u formulaciji krmiva ili varijacije u kvaliteti sirovina. Na Farma 2, prosječan postotak potrebnog kalcija je najviši (151,24 %), uz standardnu devijaciju od 23,98 %. Minimalne i maksimalne vrijednosti su 98,28 % i 198,00 %. Koeficijent varijabilnosti je 15,85 %, što sugerira veliku varijabilnost u sastavu kalcija, potencijalno zbog različitih izvora kalcija i dodataka u krmivu. Na Farma 3, prosječan postotak potrebnog kalcija iznosi 135,76 % sa standardnom devijacijom od 15,96 %. Minimalne i maksimalne vrijednosti su 99,00 % i 162,00 %. Koeficijent varijabilnosti je najniži (11,76 %), što ukazuje na relativno stabilan postotak kalcija u krmivu na ovoj farmi. Na Farma 4, prosječan postotak potrebnog kalcija je 144,62 %, uz standardnu devijaciju od 23,37 %. Minimalne i maksimalne vrijednosti su 91,00 % i 193,00 %. Koeficijent varijabilnosti iznosi 16,16 %, što ukazuje na visoku varijabilnost u sastavu kalcija.

Na Farma 1, prosječan postotak potrebnog fosfora iznosi 125,74 % sa standardnom devijacijom od 11,76 %. Minimalne i maksimalne vrijednosti su 107,00 % i 153,00 %. Koeficijent varijabilnosti je 9,35 %, što pokazuje umjerenu varijabilnost u sadržaju fosfora. Na Farma 2, prosječan postotak potrebnog fosfora je 122,42 % uz standardnu devijaciju od 7,39 %. Minimalne i maksimalne vrijednosti su 97,00 % i 147,56 %. Koeficijent varijabilnosti je najniži (6,03 %), što ukazuje na vrlo stabilan sadržaj fosfora u krmivu na ovoj farmi. Na Farma 3, prosječan postotak potrebnog fosfora iznosi 121,61 % uz standardnu devijaciju od 8,90 %. Minimalne i maksimalne vrijednosti su 109,00 % i 142,00 %. Koeficijent varijabilnosti je 7,32 %, što pokazuje relativnu stabilnost u sadržaju fosfora, ali s nešto većim varijacijama nego na Farma 2. Na Farma 4, prosječan postotak potrebnog fosfora je 122,97 %, uz standardnu devijaciju od 11,09 %. Minimalne i maksimalne vrijednosti su 105,00 % i 161,00 %. Koeficijent varijabilnosti iznosi 9,02 %, što ukazuje na umjerenu varijabilnost u sadržaju fosfora.

Na Farma 1, prosječni balans kalcija u odnosu na potrebe iznosi 23,25 g/dan, sa standardnom devijacijom od 12,83 g/dan. Minimalne i maksimalne vrijednosti su 0,10 g/dan i 59,70 g/dan. Koeficijent varijabilnosti je 55,19 %, što pokazuje visoku varijabilnost u višku kalcija u krmivu. Na Farma 2, prosječni balans kalcija je najviši (32,79 g/dan), uz standardnu devijaciju od 15,13 g/dan. Minimalne i maksimalne vrijednosti su -0,40 g/dan i 60,50 g/dan. Koeficijent varijabilnosti je 46,15 %, što ukazuje na značajnu varijabilnost, ali manju nego na Farma 1. Na Farma 3, prosječni balans kalcija iznosi 21,83 g/dan uz standardnu devijaciju od 11,02 g/dan. Minimalne i maksimalne vrijednosti su -0,40 g/dan i 38,60 g/dan. Koeficijent varijabilnosti je 50,56 %, što pokazuje umjerenu do visoku varijabilnost. Na Farma 4, prosječni balans kalcija je 28,36 g/dan, uz standardnu devijaciju od 13,77 g/dan. Minimalne i maksimalne vrijednosti su -0,10 g/dan i 62,90 g/dan. Koeficijent varijabilnosti iznosi 48,47 %, što ukazuje na visoku varijabilnost, ali manju nego na Farma 1.

Na Farma 1, prosječni balans fosfora u odnosu na potrebe iznosi 13,13 g/dan uz standardnu devijaciju od 6,23 g/dan. Minimalne i maksimalne vrijednosti su 2,60 g/dan i 32,70 g/dan. Koeficijent varijabilnosti je 47,42 %, što pokazuje visoku varijabilnost u višku fosfora u krmivu. Na Farma 2, prosječni balans fosfora iznosi 12,21 g/dan uz standardnu devijaciju od 3,99 g/dan. Minimalne i maksimalne vrijednosti su -1,10 g/dan i 21,70 g/dan. Koeficijent varijabilnosti je 32,68 %, što ukazuje na manju varijabilnost u usporedbi s ostalim farmama. Na Farma 3, prosječni balans fosfora iznosi 11,77 g/dan uz standardnu devijaciju od 4,64 g/dan. Minimalne i maksimalne vrijednosti su 3,90 g/dan i 19,30 g/dan. Koeficijent varijabilnosti je 39,40 %, što pokazuje umjerenu varijabilnost. Na Farma 4, prosječni balans fosfora je 12,56 g/dan uz standardnu devijaciju od 5,46 g/dan. Minimalne i maksimalne vrijednosti su 2,00 g/dan i 32,60 g/dan. Koeficijent varijabilnosti iznosi 43,43 %, što ukazuje na visoku varijabilnost, ali manju nego na Farma 1.

Rezultati analize pokazali su značajne varijacije u kemijskom sastavu krmiva između farmi, što ukazuje na potrebu za prilagodbom hranidbenih strategija na temelju specifičnih uvjeta svake farmi. Varijacije u sadržaju kalcija i fosfora, kao i u balansu ovih minerala u odnosu na potrebe, mogu utjecati na učinkovitost hranidbe i zdravlje mliječnih krava. Različiti koeficijenti varijabilnosti između farmi sugeriraju potrebu za pažljivim nadzorom i prilagodbom hranidbenih preporuka kako bi se osigurala optimalna ravnoteža minerala. Na farmama s većim varijacijama, kao što su Farma 1 i Farma 4, može biti potrebno dodatno praćenje i prilagodbe u formulaciji krmiva kako bi se postigla veća dosljednost i zadovoljile nutritivne potrebe krava.



Rezultati analize varijabilnosti sljedećih svojstava kemijskog sastava krmiva: neutralna deterdžent vlakna; neutralna deterdžent vlakna iz voluminoznih krmiva; neutralna deterdžent vlakna iz voluminoznih krmiva na osnovi tjelesne mase; udio NDV-a iz voluminoze u ukupnom NDV-u= neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom na osnovi tjelesne mase; eterski ekstrakt (mast); fizički efektivna vlakna te neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom u obrocima mliječnih krava na svim farmama obuhvaćenim provedenim istraživanjem prikazani su u Tablici 16.

Tablica 16. Osnovni statistički parametri sljedećih svojstava: neutralna deterdžent vlakna iz voluminoznih krmiva; neutralna deterdžent vlakna iz voluminoznih krmiva na osnovi tjelesne mase; udio NDV-a iz voluminoze u ukupnom NDV-u; neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom na osnovi tjelesne mase; eterski ekstrakt (mast); fizički efektivna vlakna te neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom u obrocima mliječnih krava

Svojstvo	N	Mean	SD	KV, %	SE	Min	Max
<b>NDV voluminoza, %</b>	383	22,56	5,68	25,17	0,29	14,30	41,60
<b>NDV voluminoza TM, %</b>	384	0,83	0,12	14,16	0,01	0,58	1,23
<b>NDV voluminoza/ukupni NDV, %</b>	373	67,57	9,62	14,24	0,50	37,12	92,10
<b>aNDVot TM, %</b>	376	1,24	0,10	7,85	0,01	0,98	1,48
<b>EE, %</b>	421	3,69	0,73	19,84	0,04	2,30	5,70
<b>feNDV, %</b>	432	23,64	4,15	17,57	0,20	18,60	38,40
<b>aNDVot, %</b>	431	32,87	4,70	14,30	0,23	1,28	48,40

\* NDV = neutralna deterdžent vlakna; NDV voluminoza = neutralna deterdžent vlakna iz voluminoznih krmiva; NDV voluminoza TM = neutralna deterdžent vlakna iz voluminoznih krmiva na osnovi tjelesne mase; NDV voluminoza/ukupni NDV = udio NDV-a iz voluminoze u ukupnom NDV-u; aNDVot TM = neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom na osnovi tjelesne mase; EE = eterski ekstrakt (mast); feNDV = fizički efektivna neutralna deterdžent vlakna; aNDVot = neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom; Mean = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, KV = koeficijent varijabilnosti; SE = standardna pogreška; Min = minimum, Max = maksimum

Prosječna vrijednost neutralnih deterdžent vlakana iz voluminoznih krmiva (NDV voluminoza) iznosi 22,56 % uz standardnu devijaciju od 5,68 %. Minimalne i maksimalne vrijednosti su 14,30 % i 41,60 %, što ukazuje na značajne varijacije u sadržaju NDV-a među različitim izvorima voluminoznih krmiva. Koeficijent varijabilnosti od 25,17 % sugerira postojanje velikih razlika u sadržaju vlakana, što može biti rezultat raznih faktora, uključujući različite vrste voluminoznih krmiva ili promjene u kvaliteti krmiva tijekom vremena.

Neutralna deterdžent vlakna iz voluminoznih krmiva na osnovi tjelesne mase (NDV voluminoza TM) imaju prosječnu vrijednost od 0,83 % uz standardnu devijaciju od 0,12 %. Minimalne i maksimalne vrijednosti su 0,58 % i 1,23 %. Koeficijent varijabilnosti od 14,16 % ukazuje na umjerene varijacije u količini vlakana na osnovi tjelesne mase, što može utjecati na hranidbene potrebe i kvalitetu krmiva u odnosu na tjelesnu masu krava.

Prosječna vrijednost udjela NDV-a iz voluminoze u ukupnom NDV-u (NDV voluminoza/ukupni NDV) iznosi 67,57 % uz standardnu devijaciju od 9,62%. Minimalne i maksimalne vrijednosti su 37,12 % i 92,10 %. Koeficijent varijabilnosti od 14,24 % pokazuje umjerene varijacije u udjelu vlakana iz voluminoznih krmiva unutar ukupnog NDV-a, što može ukazivati na razlike u kvaliteti i vrsti voluminoznih krmiva korištenih na farmama.

Prosječna vrijednost neutralnih deterdžent vlakana determiniranih amilazom na osnovi tjelesne mase (aNDVot TM) iznosi 1,24 %, uz standardnu devijaciju od 0,10 %. Minimalne i maksimalne vrijednosti su 0,98 % i 1,48 %. Koeficijent varijabilnosti od 7,85 % sugerira relativno malu varijabilnost u količini neutralnih deterdžent vlakna determiniranih amilazom na osnovi tjelesne mase krava, što ukazuje na relativnu dosljednost u kvaliteti krmiva u ovom aspektu.

Prosječna vrijednost eterskog ekstrakta (EE) iznosi 3,69 %, a standardna devijacija 0,73 %. Minimalne i maksimalne vrijednosti su 2,30 % i 5,70 %. Koeficijent varijabilnosti od 19,84 % pokazuje značajne varijacije u sadržaju masti u krmivu, što može biti rezultat različitih izvora masti ili varijacija u formulaciji krmiva.

Prosječna vrijednost fizički efektivnih vlakana (feNDV) iznosi 23,64 % uz standardnu devijaciju od 4,15 %. Minimalne i maksimalne vrijednosti su 18,60 % i 38,40 %. Koeficijent varijabilnosti od 17,57 % ukazuje na umjerene varijacije u fizički efektivnim vlaknima, što može utjecati na sposobnost krava u učinkovitom žvakanju i probavi krmiva.

Prosječna vrijednost neutralnih deterdžent vlakna determiniranih amilazom (aNDVot) iznosi 32,87 % uz standardnu devijaciju od 4,70 %. Minimalne i maksimalne vrijednosti su 1,28 % i 48,40 %. Koeficijent varijabilnosti od 14,30 % ukazuje na umjerene varijacije u neutralnim deterdžent vlaknima determiniranim amilazom u krmivu, što može reflektirati razlike u vrsti i kvaliteti vlaknastih materijala korištenih u krmivu.

Rezultati analize pokazuju značajnu varijabilnost u kemijskom sastavu krmiva, posebno u pogledu vlakana i masti.

Ove varijacije mogu utjecati na hranidbene potrebe i zdravlje mliječnih krava. Visoka varijabilnost u sadržaju neutralnih deterdžent vlakana i fizički efektivnih vlakana može ukazivati na potrebu za prilagodbom hranidbenih strategija kako bi se osigurala dosljedna kvaliteta krmiva. Varijacije u eterskom ekstraktu također sugeriraju potrebu za pažljivim upravljanjem masti u krmivu kako bi se zadovoljile nutritivne potrebe krava.

Rezultati analize varijabilnosti sljedećih svojstava kemijskog sastava krmiva: neutralna deterdžent vlakna; neutralna deterdžent vlakna iz voluminoznih krmiva; neutralna deterdžent vlakna iz voluminoznih krmiva na osnovi tjelesne mase; udio NDV-a iz voluminoze u ukupnom NDV-u; neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom na osnovi tjelesne mase;; eterski ekstrakt (mast); fizički efektivna vlakna i neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom u obrocima mliječnih krava na svim farmama obuhvaćenim provedenim istraživanjem prema sezoni kontrole mliječnosti ( proljeće, ljeto, jesen i zima) prikazani su u Tablici 17.

Analiza varijabilnosti kemijskog sastava krmiva u različitim sezonama otkriva značajne sezonske razlike u sadržaju vlakana i eterskih ekstrakata, što može utjecati na hranidbene potrebe mliječnih krava. Neutralna deterdžent vlakna iz voluminoznih krmiva (NDV voluminoza) pokazuju određene sezonske varijacije. U proljeće, prosječni sadržaj vlakana iznosi 22,77 % uz standardnu devijaciju od 6,07 %, dok su minimalne i maksimalne vrijednosti 17,00 % i 40,20 %. Varijabilnost je najveća u proljeće s koeficijentom varijabilnosti od 26,64 %, što ukazuje na značajne promjene u kvaliteti krmiva u tom periodu. Ljetni mjeseci također pokazuju visoku varijabilnost s prosječnim sadržajem od 23,20 % i koeficijentom varijabilnosti od 26,60 %. Jesen donosi prosječnu vrijednost od 23,30 % uz koeficijent varijabilnosti od 21,61 %, što je niže nego u proljeće i ljeto, dok zima pokazuje prosječnu vrijednost od 21,57 % s koeficijentom varijabilnosti od 25,08 %. Ove varijacije mogu biti posljedica promjena u vrsti i kvaliteti voluminoznih krmiva dostupnih tijekom godine.

Neutralna deterdžent vlakna iz voluminoznih krmiva na osnovi tjelesne mase (NDV voluminoza TM) pokazuju manju varijabilnost u proljeće, s prosječnim sadržajem od 0,83 % i koeficijentom varijabilnosti od 14,60 %. Ljetni mjeseci pokazuju najveću varijabilnost s prosječnim sadržajem od 0,85 % i koeficijentom varijabilnosti od 16,70 %. Jesen i zima donose prosječne vrijednosti od 0,85 % i 0,81 % uz niže koeficijente varijabilnosti, 11,43 % i 13,58 % respektivno. Sezonske varijacije u ovom parametru ukazuju na promjene u raspoloživosti i kvaliteti krmiva u odnosu na tjelesnu masu.

Udio NDV-a iz voluminoze u ukupnom NDV-u (NDV voluminoza/ukupni NDV) varira među sezonama, s proljetnim prosjekom od 67,64 % i koeficijentom varijabilnosti od 13,30 %. Ljetni mjeseci donose najviši prosječni udio od 68,18 % uz koeficijent varijabilnosti od 17,05 %.

Jesen ima prosječnu vrijednost od 71,21 % s koeficijentom varijabilnosti od 12,91 %, dok zima pokazuje prosječnu vrijednost od 64,93 % uz koeficijent varijabilnosti od 12,42 %. Sezonske promjene u ovom parametru sugeriraju promjene u kvaliteti voluminoznih krmiva koja su dostupna u različitim periodima godine.

Tablica 17. Osnovni statistički parametri sljedećih svojstava: neutralna deterdžent vlakna iz voluminoznih krmiva; neutralna deterdžent vlakna iz voluminoznih krmiva na osnovi tjelesne mase; udio NDV-a iz voluminoze u ukupnom NDV-u; neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom na osnovi tjelesne mase; eterski ekstrakt (mast); fizički efektivna vlakna te neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom u obrocima mliječnih krava prema sezoni kontrole mliječnosti ( proljeće, ljeto, jesen i zima)

Svojstvo	N	Mean	SD	KV, %	SE	Min	Max
<b>Proljeće</b>							
NDV voluminoza, %	84	22,77	6,07	26,64	0,66	17,00	40,20
NDV voluminoza TM, %	84	0,83	0,12	14,48	0,01	0,63	1,17
NDV voluminoza/ukupni NDV, %	84	67,64	8,97	13,26	0,98	54,30	90,70
aNDVot TM, %	84	1,23	0,08	6,45	0,10	1,04	1,40
EE, %	94	3,57	0,63	17,53	0,07	2,50	4,80
feNDV, %	103	23,81	4,31	18,12	0,43	19,80	37,30
aNDVot, %	103	33,10	4,57	13,81	0,45	27,70	47,00
<b>Ljeto</b>							
NDV voluminoza, %	82	23,20	6,17	26,61	0,68	14,30	40,90
NDV voluminoza TM, %	82	0,85	0,14	16,70	0,02	0,58	1,23
NDV voluminoza/ukupni NDV, %	82	68,18	11,62	17,05	1,28	43,90	92,10
aNDVot TM, %	82	1,25	0,10	8,20	0,01	1,05	1,48
EE, %	98	3,90	0,77	19,61	0,08	2,70	5,40
feNDV, %	99	24,42	4,54	18,60	0,46	20,00	37,80
aNDVot, %	99	33,27	5,63	16,93	0,57	1,28	45,80
<b>Jesen</b>							
NDV voluminoza, %	84	23,30	5,04	21,61	0,55	16,90	38,20
NDV voluminoza TM, %	85	0,85	0,10	11,43	0,01	0,68	1,07
NDV voluminoza/ukupni NDV, %	78	71,21	9,20	12,92	1,04	37,12	90,40
aNDVot TM, %	78	1,20	0,10	7,92	0,01	0,98	1,45
EE, %	96	3,83	0,79	20,51	0,08	2,60	5,70
feNDV, %	97	23,32	3,45	14,80	0,35	20,00	33,40
aNDVot, %	96	32,19	3,68	11,45	0,38	28,40	42,20
<b>Zima</b>							

<b>NDV voluminoza, %</b>	133	21,57	5,41	25,07	0,47	16,10	41,60
<b>NDV voluminoza TM, %</b>	133	0,81	0,11	13,41	0,01	0,65	1,19
<b>NDV voluminoza/ukupni NDV, %</b>	129	64,93	8,06	12,42	0,71	51,70	86,70
<b>aNDVot TM, %</b>	132	1,25	0,10	8,06	0,01	0,99	1,46
<b>EE, %</b>	133	3,52	0,69	19,48	0,06	2,30	5,30
<b>feNDV, %</b>	133	23,17	4,15	17,90	0,36	18,60	38,40
<b>aNDVot, %</b>	133	32,88	4,68	14,24	0,41	26,40	48,40

\* NDV = neutralna deterdžent vlakna; NDV voluminoza = neutralna deterdžent vlakna iz voluminoznih krmiva; NDV voluminoza TM = neutralna deterdžent vlakna iz voluminoznih krmiva na osnovi tjelesne mase; NDV voluminoza/ukupni NDV = udio NDV-a iz voluminoze u ukupnom NDV-u; aNDVot\_TM = neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom na osnovi tjelesne mase; EE = eterski ekstrakt (mast); feNDV = fizički efektivna vlakna; aNDVot = neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom; Mean = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, KV = koeficijent varijabilnosti; SE = standardna pogreška; Min = minimum, Max = maksimum

Neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom na osnovi tjelesne mase (aNDVot TM) pokazuju kako proljeće ima prosječan sadržaj od 1,23 % i koeficijent varijabilnosti od 6,45 %. Ljetni mjeseci imaju najvišu varijabilnost s prosječnim sadržajem od 1,25 % i koeficijentom varijabilnosti od 8,20 %. Jesen i zima pokazuju niže koeficijente varijabilnosti, 8,20 % i 7,60 %, uz prosječne sadržaje od 1,20 % i 1,25 %. Ove varijacije ukazuju na sezonske promjene u količini vlakana u odnosu na tjelesnu masu krava. Eterski ekstrakt (EE) pokazuje najveću varijabilnost u jesen s prosječnom vrijednošću od 3,83 % i koeficijentom varijabilnosti od 20,51 %. Proljeće ima nižu varijabilnost s prosječnim sadržajem od 3,57 % i KV od 17,53 %. Ljeto pokazuje prosječnu vrijednost od 3,90 % s KV od 19,74 %, dok zima ima prosječnu vrijednost od 3,52 % s KV od 19,62 %. Ove promjene sugeriraju kako sezonske promjene u kvaliteti krmiva mogu utjecati na količinu masti u obrocima. Fizički efektivna vlakna (feNDV) pokazuju prosječnu vrijednost od 23,81 % u proljeće uz KV od 18,60 %, što je najviše. Ljeto donosi prosječnu vrijednost od 24,42 % s KV od 18,60 %. Jesen pokazuje prosječnu vrijednost od 23,32 % uz KV od 14,80 %, dok zima ima prosječnu vrijednost od 23,17 % s KV od 17,90 %. Varijabilnost u fizički efektivnim vlaknima može biti posljedica sezonskih promjena u kvaliteti i vrsti krmiva. Neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom (aNDVot) pokazuju prosječnu vrijednost od 33,10 % u proljeće uz KV od 16,93 %. Ljeto donosi prosječnu vrijednost od 33,27 % s KV od 16,93 %. Jesen ima prosječnu vrijednost od 32,19 % s KV od 11,45 %, dok zima pokazuje prosječnu vrijednost od 32,88 % uz KV od 14,24 %. Varijabilnost u neutralnim deterdžent vlaknima determiniranim amilazom može odražavati sezonske promjene u kvaliteti krmiva i njihovu dostupnost. Rezultati indiciraju značajan utjecaj sezonskih promjena na kemijski sastav krmiva, s varijacijama u vlaknima i eterskom ekstraktu

koje mogu utjecati na hranidbene potrebe i zdravlje mliječnih krava. Razumijevanje ovih varijacija može pomoći u optimizaciji hranidbe krava i poboljšanju proizvodnje mlijeka.

Rezultati analize varijabilnosti sljedećih svojstava kemijskog sastava krmiva: neutralna deterdžent vlakna; neutralna deterdžent vlakna iz voluminoznih krmiva; neutralna deterdžent vlakna iz voluminoznih krmiva na osnovi tjelesne mase; udio NDV-a iz voluminoze u ukupnom NDV-u; neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom na osnovi tjelesne mase; eterski ekstrakt (mast); fizički efektivna vlakna te neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom u obrocima mliječnih krava prema farmi na kojoj je provedeno istraživanje prikazani su u Tablici 18.

Rezultati analize varijabilnosti kemijskog sastava krmiva, prikazani u Tablici 18., indiciraju značajne razlike u sastavu obroka mliječnih krava na četiri različite farme: Farma 1, Farma 2, Farma 3 i Farma 4. Ove razlike mogu imati važne posljedice za hranidbene strategije i nutritivne potrebe krava.

Neutralna deterdžent vlakna iz voluminoznih krmiva (NDV voluminoza) pokazuju najveću prosječnu vrijednost na Farma 1, s 24,76 % i standardnom devijacijom od 6,16 %. Ova visoka prosječna vrijednost ukazuje na značajnu količinu vlakana u krmivima s te farme. Najveći koeficijent varijabilnosti (27,05 %) također se bilježi na Farma 2, što sugerira veće razlike u sadržaju vlakana između različitih uzoraka krmiva. Nasuprot tome, Farma 3 ima manju varijabilnost (19,32 %), što može ukazivati na dosljedniju kvalitetu krmiva. Na farmama Farma 2 i Farma 4, prosječne vrijednosti su niže (21,51 % i 21,77 %), uz umjerenu varijabilnost.

Neutralna deterdžent vlakna iz voluminoznih krmiva na osnovi tjelesne mase (NDV voluminoza TM) najviša su na Farma 1 i Farma 3 (0,90 % i 0,91 %), a najniža su na Farma 2 i Farma 4 (0,80 % i 0,79 %). Varijabilnost je najveća na Farma 2 (14,51 %) i najmanja na Farma 3 (8,84 %). Ove razlike mogu ukazivati na različite prakse hranidbe i varijacije u dostupnosti sirovina.

Udio NDV-a iz voluminoze u ukupnom NDV-u (NDV voluminoza/ukupni NDV) je najviši na Farma 1 sa 73,38 % i standardnom devijacijom od 8,48 %, što pokazuje visok udio vlakana iz voluminoznih krmiva u ukupnom sadržaju vlakana. Nasuprot tome, Farma 4 ima najniži udio (65,19 %) i najmanju varijabilnost (10,24 %). Najveća varijabilnost se bilježi na Farma 2 (16,12 %), što može ukazivati na neujednačenost u kvaliteti voluminoznih krmiva.

Neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom na osnovi tjelesne mase (aNDVot TM) najviša su na Farma 3 (1,28 %) i najniža na Farma 4 (1,22 %). Varijabilnost je najveća na Farma 4 (8,88 %) i najmanja na Farma 2 (7,02 %). Ove razlike mogu ukazivati na različite metode u pripremi i hranidbi krmiva.

Tablica 18. Osnovni statistički parametri sljedećih svojstava: neutralna deterdžent vlakna iz voluminoznih krmiva; neutralna deterdžent vlakna iz voluminoznih krmiva na osnovi tjelesne mase; udio NDV-a iz voluminoze u ukupnom NDV-u; neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom na osnovi tjelesne mase; eterski ekstrakt (mast); fizički efektivna vlakna te neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom u obrocima mliječnih krava prema farmi na kojoj je provedeno istraživanje (Farma 1, Farma 2, Farma 3 i Farma 4)

Svojstvo	N	Mean	SD	KV, %	SE	Min	Max
<b>Farma 1</b>							
NDV voluminoza, %	99	24,76	6,16	24,89	0,62	16,40	41,60
NDV voluminoza TM, %	99	0,90	0,11	12,64	0,01	0,71	1,23
NDV voluminoza/ukupni NDV, %	99	73,38	8,48	11,72	0,85	37,12	91,70
aNDVot TM, %	99	1,25	0,10	8,16	0,01	0,98	1,48
EE, %	99	3,79	0,88	23,18	0,09	2,40	5,70
feNDV, %	99	24,71	4,69	18,96	0,47	19,20	38,40
aNDVot, %	99	33,24	5,92	17,81	0,60	1,28	48,40
<b>Farma 2</b>							
NDV voluminoza, %	169	21,51	5,82	27,05	0,45	14,30	40,00
NDV voluminoza TM, %	169	0,80	0,12	14,51	0,01	0,58	1,16
NDV voluminoza/ukupni NDV, %	169	65,38	10,54	16,12	0,81	43,90	92,10
aNDVot TM, %	169	1,23	0,09	7,02	0,01	0,99	1,44
EE, %	206	3,69	0,69	18,65	0,05	2,30	5,40
feNDV, %	206	23,16	4,21	18,18	0,29	18,60	37,80
aNDVot, %	206	32,38	4,61	14,23	0,32	26,40	45,80
<b>Farma 3</b>							
NDV voluminoza, %	31	23,43	4,53	19,32	0,81	19,00	37,20
NDV voluminoza TM, %	32	0,91	0,08	8,84	0,01	0,76	1,14
NDV voluminoza/ukupni NDV, %	25	70,95	7,55	10,64	1,51	62,80	91,90
aNDVot TM, %	28	1,28	0,09	7,16	0,02	1,14	1,46



<b>EE, %</b>	32	3,44	0,69	20,05	0,12	2,50	4,80
<b>feNDV, %</b>	32	23,11	3,72	16,09	0,66	19,30	33,10
<b>aNDVot, %</b>	31	33,20	4,11	12,37	0,74	28,00	41,80
<b>Farma 4</b>							
<b>NDV voluminoza, %</b>	84	21,77	4,32	19,84	0,47	16,90	36,10
<b>NDV voluminoza TM, %</b>	84	0,79	0,09	10,94	0,01	0,65	1,11
<b>NDV voluminoza/ukupni NDV, %</b>	80	65,19	6,68	10,24	0,75	54,30	83,40
<b>aNDVot TM, %</b>	80	1,22	0,11	8,88	0,01	1,00	1,42
<b>EE, %</b>	84	3,67	0,65	17,66	0,07	2,60	5,30
<b>feNDV, %</b>	95	23,77	3,35	14,10	0,34	19,80	34,60
<b>aNDVot, %</b>	95	33,43	3,43	10,26	0,35	29,70	43,40

\* NDV = neutralna deterđent vlakna; NDV voluminoza = neutralna deterđent vlakna iz voluminoznih krmiva; NDV voluminoza TM = neutralna deterđent vlakna iz voluminoznih krmiva na osnovi tjelesne mase; NDV voluminoza/ukupni NDV = udio NDV-a iz voluminoze u ukupnom NDV-u; aNDVot\_TM = neutralna deterđent vlakna determinirana amilazom na osnovi tjelesne mase; EE = eterski ekstrakt (mast); feNDV = fizički efektivna vlakna; aNDVot = neutralna deterđent vlakna determinirana amilazom; Mean = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, KV = koeficijent varijabilnosti; SE = standardna pogreška; Min = minimum, Max = maksimum

Eterski ekstrakt (EE), koji se odnosi na sadržaj masti, pokazuje najviše prosječne vrijednosti na Farma 1 (3,79 %) uz najveću varijabilnost (23,18 %), što može ukazivati na raznolikost kvalitete krmiva i potencijalno različite izvore masnoća. Nasuprot tome, Farma 3 ima najniže prosječne vrijednosti (3,44 %) uz najmanju varijabilnost (17,30 %), što može sugerirati stabilniji sadržaj masti u krmivima.

Fizički efektivna vlakna (feNDV) su najviše na Farma 1 (24,71 %) uz najveću varijabilnost (4,69 %), dok su najniže na Farma 4 (23,77 %) uz najmanju varijabilnost (3,35 %). Ove varijacije u fizički efektivnim vlaknima mogu utjecati na probavu i zdravlje krava.

Neutralna deterđent vlakna determinirana amilazom (aNDVot) su najviša na Farma 1 (33,24 %) s najvišom varijabilnošću (5,92 %), dok su najniža na Farma 4 (33,43 %) uz najmanju varijabilnost (3,43 %). Razlike u neutralnim deterđent vlaknima determiniranim amilazom između farmi mogu biti povezane s različitim praksama u uzgoju i pripremi krmiva.

Utvrđeni rezultati ukazuju na značajne razlike u kemijskom sastavu krmiva među farmama, što može imati važne implikacije za hranidbene strategije i nutritivne potrebe mliječnih krava. Varijabilnost između farmi može biti posljedica različitih uvjeta uzgoja, metoda hranidbe i kvalitete sirovina. Analizom ovih razlika, moguće je optimizirati hranidbu krava i poboljšati njihove proizvodne performanse.

Rezultati analize varijabilnosti sljedećih svojstava kemijskog sastava krmiva: sirovi protein obroka; u rumenu nerazgradivi proteini; bakterijski metabolički protein; metionin i lizin u obrocima mliječnih krava na svim farmama obuhvaćenim provedenim istraživanjem prikazani su u Tablici 19.

Tablica 19. Osnovni statistički parametri sljedećih svojstava: sirovi protein obroka; u rumenu nerazgradivi proteini; bakterijski metabolički protein; metionin i lizin u obrocima mliječnih krava

Svojstvo	N	Mean	SD	KV, %	SE	Min	Max
<b>SP, %</b>	432	16,12	1,10	6,84	0,05	11,60	18,70
<b>RNP, %</b>	394	5,51	0,72	13,06	0,04	3,30	6,80
<b>BMP, %</b>	372	53,86	4,72	8,76	0,25	46,20	69,40
<b>MET, %</b>	386	100,13	6,80	6,79	0,35	83,00	115,00
<b>LYS, %</b>	386	91,23	4,80	5,26	0,24	80,00	108,00

\* SP = sirovi protein obroka; RNP = u rumenu nerazgradivi proteini; BMP = bakterijski metabolički protein; MET = metionin; LYS = lizin; Mean = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, KV = koeficijent varijabilnosti; SE = standardna pogreška; Min = minimum, Max = maksimum

Prosječna vrijednost sirovog proteina obroka iznosi 16,12 %, što je u skladu s očekivanim vrijednostima za obroke mliječnih krava. Standardna devijacija od 1,10 % sugerira prilično homogenu raspodjelu među farmama, dok koeficijent varijabilnosti od 6,84 % ukazuje na umjerenu varijabilnost ovog parametra. To znači kako postoji relativna stabilnost u sastavu krmiva što se tiče sirovog proteina obroka.

S druge strane, u rumenu nerazgradivi proteini, s prosječnom vrijednošću od 5,51 %, pokazuju nešto veću varijabilnost. Standardna devijacija od 0,72 % i koeficijent varijabilnosti od 13,06 % ukazuju na veće razlike među farmama. To može biti rezultat varijacija u kvaliteti krmiva i postupcima hranjenja koji se razlikuju od farme do farme, što utječe na učinkovitost iskorištavanja proteina u probavnom sustavu životinja.

Bakterijski metabolički protein pokazuje prosječnu vrijednost od 53,86 %, što ukazuje na značajan doprinos bakterijske sinteze proteina ukupnom proteinu dostupnom kravi. Varijabilnost ovog parametra je nešto veća, s koeficijentom varijabilnosti od 8,76 %, što sugerira kako razlike u uvjetima buraga, vrsti i kvaliteti krmiva među farmama mogu utjecati na učinkovitost bakterijskog metaboličkog proteina.

Što se tiče esencijalnih aminokiselina, metionin ima prosječnu vrijednost od 100,13 %, što ukazuje na dobro izbalansirane obroke u pogledu ove aminokiseline. Međutim, standardna devijacija od 6,80 % i relativno širok raspon vrijednosti između 83,00 % i 115,00 % ukazuju na određene razlike među farmama. Koeficijent varijabilnosti od 6,79 % ukazuje na umjerenu varijabilnost. Lizin, s prosječnom vrijednošću od 91,23 %, također pokazuje dobru opskrbljenost obroka ovom aminokiselinom, s nešto manjom varijabilnošću u odnosu na metionin, jer koeficijent varijabilnosti iznosi 5,26 %.

Nadalje, varijabilnost prikazanih parametara daje uvid u razlike u kvaliteti i sastavu krmiva među različitim farmama. Parametri poput sirovog proteina obroka i esencijalnih aminokiselina pokazuju umjerenu varijabilnost, što sugerira relativno konzistentnu hranidbu krava. Međutim, veća varijabilnost u nerazgradivim proteinima i bakterijskom metaboličkom proteinu upućuju na mogućnosti za poboljšanje u hranidbenim praksama, osobito u smislu optimizacije proteina kako bi se poboljšala proizvodnja mlijeka i zdravlje životinja. Ove razlike odražavaju specifične uvjete proizvodnje na svakoj farmi, poput kvalitete krmiva, tehnika skladištenja i različitih proizvodnih ciljeva.

Rezultati analize varijabilnosti sljedećih svojstava kemijskog sastava krmiva: sirovi protein obroka; u rumenu nerazgradivi proteini; bakterijski metabolički protein; metionin i lizin u obrocima mliječnih krava na svim farmama obuhvaćenim provedenim istraživanjem prema sezoni kontrole mliječnosti prikazani su u Tablici 20.

Rezultati prikazani u Tablici 20. odnose se na analizu sezonske varijabilnosti nekoliko ključnih svojstava kemijskog sastava krmiva za mliječne krave. Analizirana svojstva uključuju sirovi protein obroka, nerazgradive proteine, bakterijski metabolički protein te esencijalne aminokiseline - metionin i lizin. Ova sezonska analiza omogućava dublje razumijevanje kako različite sezone utječu na nutritivnu vrijednost krmiva te na način na koji se krmivo koristi u proizvodnji mlijeka.

Prosječna vrijednost sirovog proteina obroka (SP) pokazuje blage sezonske fluktuacije, pri čemu su najniže vrijednosti zabilježene u proljeće (15,98 %) i ljeto (15,73 %), dok su najviše vrijednosti uočene u jesen (16,37 %) i zimu (16,34 %). Ovi rezultati mogu se objasniti promjenama u kvaliteti krmiva koje variraju prema sezoni, osobito s obzirom na dostupnost svježe paše u proljetnim i ljetnim mjesecima te prijelaz na konzervirane oblike hrane, poput silaže i sijena, u zimskim mjesecima. Standardne devijacije su relativno male u svim sezonama, što upućuje na priličnu homogenost unutar svake sezone, iako ljeto pokazuje najveću varijabilnost (7,35 %), što može biti posljedica različitih uvjeta okoliša kao što su temperatura i vlažnost. Zima, s druge strane, ima najmanji koeficijent varijabilnosti (6,14 %), što može ukazivati na stabilniju opskrbu hranom u tom periodu.

U rumenu nerazgradivi proteini (RNP) također pokazuju sezonske promjene, s najmanjom prosječnom vrijednošću u ljetnim mjesecima (5,37 %) i najvećom zimi (5,66 %). Ove razlike vjerojatno su rezultat promjena u vrsti i kvaliteti hranidbe koja se koristi tijekom različitih godišnjih doba. Zimi se više koristi konzervirano krmivo, koje može imati viši udio nerazgradivih proteini, dok ljetni obroci, koji se više oslanjaju na pašu, pokazuju nešto niže vrijednosti. Koeficijent varijabilnosti najviši je tijekom ljeta (15,48 %), što upućuje na značajne razlike među farmama u tom periodu. Različiti pristupi hranidbi i kvaliteta dostupne paše mogu biti ključni faktori u objašnjenju ove raznolikosti. Zimska sezona, s najmanjim koeficijentom varijabilnosti (11,12 %), pokazuje veću konzistentnost, vjerojatno zbog standardiziranih metoda hranidbe tijekom hladnijih mjeseci.

Tablica 20. Osnovni statistički parametri sljedećih svojstava: sirovi protein obroka; u rumenu nerazgradivi proteini; bakterijski metabolički protein; metionin i lizin u obrocima mliječnih krava prema sezoni kontrole mliječnosti ( proljeće, ljeto, jesen i zima)

Svojstvo	N	Mean	SD	KV, %	SE	Min	Max
<b>Proljeće</b>							
<b>SP, %</b>	103	15,98	1,09	6,82	0,11	12,90	17,90
<b>RNP, %</b>	93	5,48	0,68	12,43	0,07	3,80	6,50
<b>BMP, %</b>	84	54,16	4,42	8,16	0,48	47,50	65,50
<b>MET, %</b>	84	99,85	6,79	6,80	0,74	85,00	111,0
<b>LYS, %</b>	84	91,11	4,00	4,39	0,44	82,64	99,00
<b>Ljeto</b>							
<b>SP, %</b>	99	15,73	1,16	7,35	0,12	11,60	17,40
<b>RNP, %</b>	83	5,37	0,83	15,48	0,09	3,30	6,80
<b>BMP, %</b>	82	54,34	5,43	9,99	0,60	46,20	69,40
<b>MET, %</b>	86	98,72	6,48	6,56	0,70	83,00	114,0
<b>LYS, %</b>	86	90,11	5,64	6,25	0,61	82,00	108,0
<b>Jesen</b>							
<b>SP, %</b>	97	16,37	1,06	6,49	0,11	13,57	18,27
<b>RNP, %</b>	86	5,44	0,74	13,68	0,08	3,90	6,70
<b>BMP, %</b>	78	54,40	4,94	9,08	0,56	47,20	67,10
<b>MET, %</b>	84	99,72	6,06	6,08	0,66	84,20	112,0
<b>LYS, %</b>	84	91,24	4,35	4,77	0,47	80,63	100,0
<b>Zima</b>							
<b>SP, %</b>	133	16,34	1,00	6,14	0,09	13,50	18,70
<b>RNP, %</b>	132	5,66	0,63	11,12	0,06	4,20	6,70
<b>BMP, %</b>	128	53,04	4,20	7,92	0,37	46,30	62,80
<b>MET, %</b>	132	101,49	7,26	7,26	0,63	84,00	115,0
<b>LYS, %</b>	132	92,03	4,85	4,85	0,42	80,00	104,0

\* SP = sirovi protein obroka; RNP = u rumenu nerazgradivi proteini; BMP = bakterijski metabolički protein; MET = metionin; LYS = lizin; Mean = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, KV = koeficijent varijabilnosti; SE = standardna pogreška; Min = minimum, Max = maksimum

Bakterijski metabolički protein (BMP) pokazuje slične prosječne vrijednosti tijekom cijele godine, s blagim sezonskim varijacijama. Najniža vrijednost zabilježena je zimi (53,04 %), dok su proljeće (54,16 %), ljeto (54,34 %) i jesen (54,40 %) pokazali nešto više vrijednosti. Utvrđeni rezultati ukazuju na manji utjecaj sezone na bakterijski metabolički protein u buragu, što je razumljivo s obzirom na to kako ova komponenta u velikoj mjeri ovisi o stalnim procesima fermentacije u buragu. Međutim, ljeto pokazuje najveći koeficijent varijabilnosti (9,99 %), što ukazuje na veće razlike među farmama u toplijim mjesecima. To bi moglo biti povezano s promjenama u kvaliteti paše, koja može biti podložna promjenama u uvjetima okoliša. Zimi je koeficijent varijabilnosti najmanji (7,92 %), što ponovno sugerira veću stabilnost hranidbenih praksi u hladnijim mjesecima.

Metionin (MET), ključna esencijalna aminokiselina, pokazuje blage sezonske varijacije, pri čemu su najmanje vrijednosti zabilježene u ljetnim mjesecima (98,72 %), a najveće zimi (101,49 %). Ova varijabilnost mogla bi biti rezultat različitih izvora proteina u krmivu tijekom godine. Standardne devijacije su relativno konzistentne, s najvećom zabilježenom zimi (7,26 %), kada je također zabilježen i najveći koeficijent varijabilnosti, što ukazuje na to kako je zimi možda prisutna veća raznolikost u kvaliteti krmiva među farmama. Jesen pokazuje najmanju varijabilnost (koeficijent varijabilnosti 6,08 %), što upućuje na ujednačeniji sastav krmiva u tom periodu.

Lizin (LYS), druga esencijalna aminokiselina, također pokazuje blage sezonske fluktuacije, s najmanjom vrijednošću u ljetnim mjesecima (90,11 %) i najvećom zimi (92,03 %). Varijabilnost je najveća ljeti (koeficijent varijabilnosti 6,25 %), što sugerira kako ljetni obroci, koji se više oslanjaju na pašu, mogu varirati u sadržaju lizina. Najniža varijabilnost zabilježena je u proljeće (koeficijent varijabilnosti 4,39 %), što ukazuje na ujednačenost u sastavu krmiva u tom razdoblju.

Nadalje, utvrđeni rezultati pokazuju utjecaj sezonskih promjena na sastav krmiva, s posebnim naglaskom na varijabilnost tijekom ljetnih mjeseci kada su faktori okoliša i dostupnost paše najnepredvidljiviji. Zima pokazuje veću stabilnost u većini parametara, što ukazuje na konzistentniju hranidbu tijekom tog perioda. Sezonske fluktuacije u aminokiselinama metioninu i lizinu su prisutne, ali relativno male, što pokazuje svjesnost proizvođači o važnosti ovih aminokiselina te prilagodbu hranidbe radi osiguranja optimalne razine tijekom cijele godine.

Rezultati analize varijabilnosti sljedećih svojstava kemijskog sastava krmiva: sirovi protein obroka; u rumenu nerazgradivi proteini; bakterijski metabolički protein; metionin i lizin u obrocima mliječnih krava prema farmi na kojoj je provedeno istraživanje prikazani su u Tablici 21.

Rezultati analize varijabilnosti kemijskog sastava krmiva na četiri farme (Farma 1, Farma 2, Farma 3 i Farma 4) pružaju uvid u to kako lokacija i način upravljanja hranidbom mogu utjecati na kvalitetu hranidbenih parametara. Svaka farma pokazuje određeni stupanj varijabilnosti u sirovom proteinu obroka (SP), nerazgradivim proteinima (RNP), bakterijskom metaboličkom proteinu (BMP), metioninu (MET) i lizinu (LYS), što ukazuje na različite uvjete hranidbe i upravljanja na svakoj lokaciji.

Sirovi protein obroka (SP) pokazuje najmanju varijabilnost na Farma 4 (6,26 %), dok je najveća varijabilnost zabilježena na Farma 3 (7,90 %). Razlike u vrijednostima sirovog proteina obroka između farmi mogle bi biti rezultat različitih izvora krmiva, kvalitete krmiva i strategija hranidbe. Na Farma 1 zabilježena je najviša prosječna vrijednost od 16,28 %, što sugerira visokokvalitetno krmivo s bogatim sadržajem proteina. S druge strane, niže prosječne vrijednosti na Farma 3 (15,82 %) mogle bi ukazivati na uporabu krmiva s nižim udjelom proteina ili drukčije strategije hranidbe, što dovodi do većeg raspona u sadržaju proteina među obrocima na toj farmi.

U rumenu nerazgradivi proteini (RNP) također pokazuju značajnu varijabilnost među farmama, pri čemu Farma 3 ima najnižu prosječnu vrijednost (5,22 %) i najveći koeficijent varijabilnosti (14,51 %). Ova varijabilnost može biti rezultat različitih izvora proteina i razlika u tehnološkim procesima očuvanja krmiva. Na Farma 2 zabilježena je nešto viša prosječna vrijednost (5,60 %) uz relativno stabilniji raspon vrijednosti, što može ukazivati na dosljedniju praksu hranidbe. Upravljanje proteinima, osobito nerazgradivim, može imati ključan utjecaj na zdravlje i proizvodnost krava te varijabilnost u ovom parametru ukazuje na različit stupanj kontrole nad sastavom krmiva na različitim farmama.

Tablica 21. Osnovni statistički parametri sljedećih svojstava: sirovi protein obroka; u rumenu nerazgradivi proteini; bakterijski metabolički protein; metionin i lizin u obrocima mliječnih krava prema farmi (Farma 1, Farma 2, Farma 3 i Farma 4)

Svojstvo	N	Mean	SD	KV, %	SE	Min	Max
<b>Farma 1</b>							
<b>SP, %</b>	99	16,28	1,03	6,30	0,10	13,20	18,00
<b>RNP, %</b>	99	5,40	0,74	13,69	0,07	3,50	6,50
<b>BMP, %</b>	99	54,18	5,05	9,31	0,51	46,50	65,60
<b>MET, %</b>	99	99,43	6,18	6,22	0,62	84,00	115,0
<b>LYS, %</b>	99	90,79	5,45	6,00	0,55	80,00	101,0
<b>Farma 2</b>							
<b>SP, %</b>	206	16,14	1,15	7,12	0,08	11,60	18,70
<b>RNP, %</b>	169	5,60	0,71	12,59	0,05	3,50	6,70
<b>BMP, %</b>	169	53,92	4,56	8,46	0,35	46,90	69,40
<b>MET, %</b>	174	102,3	7,05	6,89	0,53	90,00	114,0
<b>LYS, %</b>	174	91,96	4,64	5,05	0,35	82,00	108,0
<b>Farma 3</b>							
<b>SP, %</b>	32	15,82	1,25	7,90	0,22	12,60	17,50
<b>RNP, %</b>	31	5,22	0,76	14,51	0,14	3,30	6,30
<b>BMP, %</b>	24	53,93	5,56	10,32	1,14	46,30	67,70
<b>MET, %</b>	29	94,66	4,86	5,14	0,90	84,20	106,0
<b>LYS, %</b>	29	87,14	2,58	2,96	0,48	82,23	92,00
<b>Farma 4</b>							
<b>SP, %</b>	95	16,03	1,01	6,26	0,10	12,90	17,70
<b>RNP, %</b>	95	5,54	0,68	12,30	0,07	3,90	6,80
<b>BMP, %</b>	80	53,34	4,41	8,27	0,49	46,20	63,60
<b>MET, %</b>	84	98,33	5,76	5,86	0,63	83,00	112,0
<b>LYS, %</b>	84	91,65	4,17	4,55	0,46	82,00	101,0

\* SP = sirovi protein obroka; RNP = u rumenu nerazgradivi proteini; BMP = bakterijski metabolički protein; MET = metionin; LYS = lizin; Mean = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, KV = koeficijent varijabilnosti; SE = standardna pogreška; Min = minimum, Max = maksimum



Bakterijski metabolički protein (BMP) pokazuje relativno ujednačene prosječne vrijednosti među farmama, s laganom prednošću na Farma 3 (53,93 %). Međutim, varijabilnost na ovoj farmi je također najveća (10,32 %), što sugerira manje kontroliranu fermentaciju proteina u buragu, moguće zbog varijacija u sastavu krmiva. Najmanja varijabilnost zabilježena je na Farma 4 (8,27 %), što bi moglo ukazivati na bolje upravljanje mikrobiološkom fermentacijom u buragu. Razlike u ovoj varijabilnosti upućuju na različite prakse hranidbe i kvalitete krmiva, koje direktno utječu na učinkovitost iskorištavanja proteina u organizmu krava.

Metionin (MET) je ključna aminokiselina za proizvodnju mliječnih proteina, a varijabilnost među farmama također odražava razlike u kvaliteti i sastavu krmiva. Na Farma 2 zabilježena je najviša prosječna vrijednost metionina (102,31 %) i najveća varijabilnost (6,89 %), što ukazuje na bogat sadržaj ove esencijalne aminokiseline, ali i na manje dosljedne obroke na toj farmi. S druge strane, Farma 3 pokazuje najniže prosječne vrijednosti metionina (94,66 %) uz najmanju varijabilnost (5,14 %). Ova manja varijabilnost može ukazivati na stabilniju praksu hranidbe, ali i na potrebu za poboljšanjem sadržaja metionina u krmivima na Farma 3 jer niže vrijednosti ove aminokiseline mogu negativno utjecati na proizvodnju mlijeka. Lizin (LYS), druga ključna aminokiselina, pokazuje najveću prosječnu vrijednost na Farma 2 (91,96 %) uz umjerenu varijabilnost (5,45 %), što sugerira stabilan unos ove aminokiseline, ključne za sintezu proteina. Najmanje varijabilnosti zabilježeno je Farma 3 (2,96 %), gdje su zabilježene i najniže prosječne vrijednosti lizina (87,14 %). Ova niska varijabilnost mogla bi ukazivati na uniformniju praksu hranidbe na Farma 3, ali niže vrijednosti lizina sugeriraju potrebu za boljom optimizacijom krmiva kako bi se osigurao adekvatan unos esencijalnih aminokiselina.

Utjecaj lokacije i upravljanja hranidbom očituje se kroz varijabilnost u svim analiziranim parametrima. Razlike u varijabilnosti između farmi mogle bi biti rezultat različitih praksi u odabiru i pripremi krmiva, kvalitete dostupnih izvora hrane i tehnoloških procesa konzerviranja hrane. Također, ekonomski uvjeti i pristupi upravljanju mogu igrati ulogu u stabilnosti i kvaliteti krmiva na svakoj farmi. Farme poput Farma 3, koje pokazuju veću varijabilnost u ključnim parametrima poput proteina, mogu imati manje kontroliran proces hranidbe, što rezultira neujednačenom kvalitetom krmiva. Suprotno tome, farme poput Farma 4, koje pokazuju manju varijabilnost, mogu imati bolje kontrolirane prakse hranidbe, što pridonosi stabilnijim rezultatima i boljem zdravlju i produktivnosti životinja.

### 3.3. Određivanje povezanosti između istraživanih grupa svojstava

Rezultati analize kovarijabilnosti između dnevne količine mlijeka i emisije amonijaka te odabranih svojstava kemijskog sastava krmiva u obrocima mliječnih krava prikazani su u tablicama u nastavku. Parametri kovarijabilnosti dnevne količine mlijeka i emisije amonijaka te unesenog unosa suhe tvari, predviđenog unosa suhe tvari, metaboličke energije i metaboličkog proteina u obrocima mliječnih krava prikazani su u Tablici 22.

Tablica 22. Koeficijenti korelacije između dnevne količine mlijeka i emisije amonijaka te unesene količine suhe tvari, predviđenog unosa suhe tvari, metaboličke energije i metaboličkog proteina u obrocima mliječnih krava

Svojstvo	Dnevna količina mlijeka (DKM), kg	Emisija amonijaka (EA), g/kravi/dan
<b>Dnevna količina mlijeka (DKM), kg</b>	1,000	-0,057
	96712	<,0001
<b>Emisija amonijaka (EA), g/kravi/dan</b>	-0,057	1.000
	<,0001	94868
	94868	94868
<b>Konzumirana suha tvar (Konzumirana ST), kg</b>	0,725	-0,065
	<,0001	<,0001
	62215	61139
<b>Predviđeni unos suhe tvari (Predviđena ST), kg</b>	0,624	0,013
	<,0001	0,002
	62215	61139
<b>Metabolička energija (ME), MJ/kg ST</b>	0,256	0,020
	<,0001	<,0001
	62215	61139
<b>Metabolički protein (MP), g/kg ST</b>	0,184	-0,025
	<,0001	<,0001
	62215	61139

Kada se promatra povezanost između dnevne količine mlijeka (DKM) i emisije amonijaka (EA), vidljivo je kako je korelacija između ova dva parametra negativna i iznosi -0,057, što sugerira vrlo slab negativan odnos. To znači kako povećanje količine proizvedenog mlijeka ima blagi suprotan učinak na emisiju amonijaka. Iako ovaj odnos nije jako izražen, rezultati sugeriraju kako proizvodnja više mlijeka ne povećava proporcionalno emisiju amonijaka, što je važno u kontekstu održive proizvodnje mlijeka s manjim utjecajem na okoliš.

Korelacija između dnevne količine mlijeka (DKM) i unesene količine suhe tvari (Konzumirana ST) iznosi 0,725, što predstavlja snažan pozitivan odnos. Ova pozitivna povezanost ukazuje kako krave koje konzumiraju više suhe tvari također proizvode više mlijeka. To je očekivano, jer veći unos hrane omogućava kravi veći unos energije i hranjivih tvari, što se direktno odražava na povećanu proizvodnju mlijeka. Također, predviđeni unos suhe tvari (Predviđena ST) pokazuje pozitivan odnos s dnevnom količinom mlijeka (0,624), što dodatno potvrđuje vezu između unosa hranjivih tvari i proizvodnje mlijeka. Metabolička energija (ME) pokazuje pozitivnu, ali slabiju korelaciju s dnevnom količinom mlijeka (0,256). Iako je ova povezanost pozitivna, implicira kako postoji određeni, ali ne dominantan, utjecaj energije dostupne iz krmiva na proizvodnju mlijeka. Metabolička energija ključna je za osiguravanje energetske potreba krava za proizvodnju mlijeka, ali je evidentno kako drugi faktori, poput ukupnog unosa suhe tvari, igraju veću ulogu u određivanju količine proizvedenog mlijeka. Metabolički protein (MP) također ima pozitivnu korelaciju s dnevnom količinom mlijeka (0,184), iako je ovaj odnos slabiji u usporedbi s unosom suhe tvari ili metaboličkom energijom. Ovo sugerira kako metabolički protein doprinosi proizvodnji mlijeka, ali nije glavni faktor koji određuje ukupnu količinu proizvedenog mlijeka. Ovaj rezultat je logičan jer krave zahtijevaju dostatnu količinu proteina za sintezu mlijeka, no sama količina proteina ne mora nužno biti presudna ako energetske potrebe nisu zadovoljene.

S obzirom na emisiju amonijaka (EA), vidljivo je kako ona ima negativnu korelaciju s unesenom količinom suhe tvari (-0,065) i vrlo malu pozitivnu korelaciju s predviđenim unosom suhe tvari (0,013). Ovo može ukazivati kako unos veće količine suhe tvari može smanjiti emisiju amonijaka, što je potencijalno rezultat boljeg iskorištavanja hranjivih tvari u probavnom sustavu. Međutim, ove korelacije su vrlo slabe, pa su potrebna dodatna istraživanja kako bi se bolje razumjeli ovi odnosi. Emisija amonijaka ima također vrlo slabe, ali značajne pozitivne korelacije s metaboličkom energijom (0,020) i negativne korelacije s metaboličkim proteinom (-0,025). Ovo može ukazivati kako metabolička energija i metabolički protein imaju mali, ali značajan utjecaj na emisiju amonijaka, pri čemu veći unos proteina može smanjiti emisiju amonijaka, što bi bilo u skladu s boljim iskorištavanjem proteina u metabolizmu krava.

Utvrđeni rezultati pokazuju kako unos suhe tvari i metaboličke energije imaju najveći utjecaj na proizvodnju mlijeka, dok emisija amonijaka nije direktno proporcionalna s povećanjem proizvodnje mlijeka, što je pozitivan nalaz s aspekta održivosti.

Upravljanje unosom suhe tvari i hranjivih tvari može biti ključno za optimizaciju proizvodnje mlijeka uz smanjenje negativnog utjecaja na okoliš.

Parametri kovarijabilnosti dnevne količine mlijeka i emisije amonijaka te proizvedenog mlijeka, predikcije proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličke energije, predikcije proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličkog proteina, količine suhe tvari za kg mlijeka na osnovi metaboličke energije i količina suhe tvari za kg mlijeka na osnovi metaboličkog proteina u obrocima mliječnih krava prikazani su u Tablici 23.

Tablica 23. Koeficijenti korelacije između dnevne količine mlijeka i emisije amonijaka te proizvedenog mlijeka, predikcije proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličke energije, predikcije proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličkog proteina, količine suhe tvari za kg mlijeka na osnovi metaboličke energije i količina suhe tvari za kg mlijeka na osnovi metaboličkog proteina u obrocima mliječnih krava

Svojstvo	Dnevna količina mlijeka (DKM), kg	Emisija amonijaka (EA), g/kravi/dan
<b>Dnevna količina mlijeka (DKM), kg</b>	1,000	-0,057
		<,0001
<b>Emisija amonijaka (EA), g/kravi/dan</b>	96712	94868
<b>Proizvedena količina mlijeka (Proizvedena KM), kg</b>	-0,057	1,000
	<,0001	
<b>Predikcija proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličke energije (ME PKM), kg</b>	94868	94868
<b>Predikcija proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličkog proteina (MP PKM), kg</b>	0,742	-0,054
	<,0001	<,0001
<b>Količina suhe tvari za kg mlijeka na osnovi metaboličke energije (ME PKM/ST ), kg</b>	62215	61139
<b>Količina suhe tvari za kg mlijeka na osnovi metaboličkog proteina (MP PKM/ST), kg</b>	0,698	-0,024
	<,0001	<,0001
<b>Količina suhe tvari za kg mlijeka na osnovi metaboličkog proteina (MP PKM/ST), kg</b>	62215	61139
<b>Količina suhe tvari za kg mlijeka na osnovi metaboličkog proteina (MP PKM/ST), kg</b>	0,689	-0,051
	<,0001	<,0001
<b>Količina suhe tvari za kg mlijeka na osnovi metaboličkog proteina (MP PKM/ST), kg</b>	62215	61139
<b>Količina suhe tvari za kg mlijeka na osnovi metaboličkog proteina (MP PKM/ST), kg</b>	0,642	-0,014
	<,0001	0,000
<b>Količina suhe tvari za kg mlijeka na osnovi metaboličkog proteina (MP PKM/ST), kg</b>	62215	61139
<b>Količina suhe tvari za kg mlijeka na osnovi metaboličkog proteina (MP PKM/ST), kg</b>	0,612	-0,035
	<,0001	<,0001
<b>Količina suhe tvari za kg mlijeka na osnovi metaboličkog proteina (MP PKM/ST), kg</b>	62215	61139

Rezultati prikazani u Tablici 23. pružaju uvid u povezanost između dnevne količine mlijeka (DKM), emisije amonijaka (EA) i različitih varijabli povezanih s proizvodnjom mlijeka i unosom hranjivih tvari kod mliječnih krava. Analiza ovih korelacija omogućuje razumijevanje faktora koji utječu na učinkovitost proizvodnje mlijeka te njihov utjecaj na emisiju amonijaka, što je važno za ekološki održivu proizvodnju.

Korelacija između dnevne količine mlijeka i količine proizvedenog mlijeka (Proizvedena KM) iznosi 0,742, što je snažna pozitivna korelacija. Ova povezanost pokazuje kako je stvarna proizvodnja mlijeka vrlo snažno povezana s predviđenom količinom mlijeka temeljenom na unosu hrane. To potvrđuje pretpostavku prema kojoj krave koje unose više hranjivih tvari imaju veću proizvodnju mlijeka.

Slična povezanost postoji i između predikcije proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličke energije (ME PKM) i dnevne količine mlijeka, gdje korelacija iznosi 0,698. Ova snažna korelacija pokazuje kako je metabolička energija iz hrane jedan od ključnih faktora u predviđanju proizvodnje mlijeka. Krave koje konzumiraju više energije imaju veći potencijal za proizvodnju mlijeka. Ipak, emisija amonijaka pokazuje vrlo slabu negativnu povezanost s metaboličkom energijom (-0,024), što ukazuje kako povećana energija u hrani nema značajan utjecaj na emisiju amonijaka.

Predikcija proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličkog proteina (MP PKM) također ima visoku korelaciju s dnevnom količinom mlijeka, 0,689. Ova snažna povezanost ukazuje kako i metabolički protein igra važnu ulogu u predviđanju proizvodnje mlijeka. Krave koje dobivaju odgovarajuće količine proteina iz obroka imaju veći potencijal za proizvodnju mlijeka. S druge strane, korelacija između emisije amonijaka i metaboličkog proteina iznosi -0,051, što je blaga negativna povezanost. To sugerira kako bolja iskoristivost proteina može smanjiti emisiju amonijaka, iako je ovaj utjecaj vrlo mali.

Kada se razmatra korelacija između količine suhe tvari potrebne za kilogram proizvedenog mlijeka na osnovi metaboličke energije (ME PKM/ST) i dnevne količine mlijeka, korelacija iznosi 0,642. Ova visoka pozitivna povezanost pokazuje kako je unos suhe tvari, koja osigurava metaboličku energiju, ključan faktor za održavanje ili povećanje proizvodnje mlijeka. Što krave unose više suhe tvari koja osigurava potrebnu energiju, to je njihova proizvodnja mlijeka veća. Isto vrijedi i za korelaciju između dnevne količine mlijeka i količine suhe tvari potrebne za kilogram mlijeka na osnovi metaboličkog proteina (MP PKM/ST), koja iznosi 0,612.

Ova korelacija potvrđuje kako je unos proteina također važan za povećanje proizvodnje mlijeka, iako nešto slabiji u odnosu na metaboličku energiju..

Nadalje, emisija amonijaka pokazuje vrlo slabe, gotovo zanemarive korelacije s unosom suhe tvari za kilogram mlijeka na osnovi metaboličke energije (-0,014) i na osnovi metaboličkog proteina (-0,035). Ove male korelacije sugeriraju kako povećan unos suhe tvari, bilo putem energije ili proteina, ne utječe značajno na emisiju amonijaka, što ukazuje na mogućnost učinkovitog iskorištavanja hranjivih tvari u organizmu krave bez značajnog povećanja emisije. Utvrđeni rezultati ukazuju kako unos hrane, kako u obliku energije tako i u obliku proteina, ima snažan utjecaj na proizvodnju mlijeka. Međutim, emisija amonijaka ne pokazuje snažne veze s unosom hranjivih tvari, što može biti pozitivan znak za održivost proizvodnje. Ovi nalazi sugeriraju kako se proizvodnja mlijeka može optimizirati pravilnim balansiranjem energije i proteina u obrocima, dok se istovremeno može kontrolirati emisija amonijaka na relativno niskim razinama.

Parametri kovarijabilnosti dnevne količine mlijeka i emisije amonijaka te kalcija, fosfora, balansa kalcija u odnosu na potrebe i balansa fosfora u odnosu na potrebe u obrocima mliječnih krava prikazani su u Tablici 24.

Tablica 24. Koeficijenti korelacije između dnevne količine mlijeka i emisije amonijaka te dnevne količine mlijeka i emisije amonijaka te kalcija, fosfora, balansa kalcija u odnosu na potrebe i balansa fosfora u odnosu na potrebe u obrocima mliječnih krava

Svojtvo	Dnevna količina mlijeka (DKM), kg	Emisija amonijaka (EA), g/kravi/dan
<b>Dnevna količina mlijeka (DKM), kg</b>	1,000	-0,057
	96712	<,0001 94868
<b>Emisija amonijaka (EA), g/kravi/dan</b>	-0,057	1,000
	<,0001 94868	94868
<b>Kalcij (Ca), % Rqd</b>	0,289	0,021
	<,0001 60723	<,0001 59658
<b>Fosfor (P), % Rqd</b>	0,098	0,011
	<,0001 60216	<,0001 59156
<b>Balans kalcija u odnosu na potrebe (Ca Balans), g/dan</b>	0,410	-0,002
	<,0001 57147	0,664 56141
<b>Balans fosfora u odnosu na potrebe (P Balans), g/dan</b>	0,282	-0,014
	<,0001 57147	0,001 56141

Korelacija između dnevne količine mlijeka (DKM) i postotka potrebnog fosfora (Ca) iznosi 0,289, što pokazuje umjerenu pozitivnu povezanost. Ovo ukazuje na to da povećanje razine kalcija u obrocima može biti povezano s povećanjem proizvodnje mlijeka, iako korelacija nije dovoljno visoka da bi se mogla smatrati vrlo značajnom. To može sugerirati da kalcij igra ulogu u proizvodnji mlijeka, ali možda nije ključni faktor u optimizaciji proizvodnje mlijeka. Slično tome, korelacija između dnevne količine mlijeka i postotka potrebnog fosfora (P) je 0,098, što pokazuje vrlo slabu pozitivnu povezanost. Ova slaba korelacija sugerira da količina fosfora u obrocima ima minimalan utjecaj na proizvodnju mlijeka. Fosfor može biti važan za druge funkcije u organizmu, ali u ovom istraživanju njegov utjecaj na proizvodnju mlijeka nije bio značajan.

Balans kalcija u odnosu na potrebe (Ca Balans) pokazuje korelaciju od 0,410 s dnevnom količinom mlijeka. Ovo ukazuje na umjerenu pozitivnu povezanost, što znači da bolji balans kalcija u obrocima može biti povezan s većom proizvodnjom mlijeka. Adekvatan balans kalcija može podržati optimalne funkcije mliječnih žlijezda i metabolizam, što može doprinositi većoj proizvodnji mlijeka. Nadalje, balans fosfora u odnosu na potrebe (P Balans) ima korelaciju od 0,282 s dnevnom količinom mlijeka, što pokazuje slabu pozitivnu povezanost. Iako postoji neka povezanost između balansa fosfora i proizvodnje mlijeka, ona nije jako izražena. To može ukazivati na to da balans fosfora igra manju ulogu u proizvodnji mlijeka u usporedbi s drugim nutritivnim faktorima. Korelacija između emisije amonijaka i kalcija iznosi 0,021, što je vrlo slabo pozitivna korelacija. Ovaj rezultat ukazuje na to da ne postoji značajna povezanost između razina kalcija u obrocima i emisije amonijaka. U praksi to znači da promjene u sadržaju kalcija u hranidbi mliječnih krava ne bi trebale imati značajan utjecaj na količinu amonijaka koja se ispušta. Ovo može sugerirati da kalcij, iako važan za zdravlje krava i proizvodnju mlijeka, nije ključni faktor u regulaciji emisije amonijaka. Sličan obrazac nalazi se i u korelaciji između emisije amonijaka i fosfora, koja iznosi 0,011. Ova vrlo slaba pozitivna korelacija sugerira da promjene u razinama fosfora također ne utječu značajno na emisiju amonijaka. Fosfor je bitan za energetske metabolizam i mnoge fiziološke procese, ali njegovo prisustvo u obrocima ne čini značajnu razliku u emisiji amonijaka prema rezultatima ove studije. Balans kalcija u odnosu na potrebe i emisija amonijaka pokazuju korelaciju od -0,002, što ukazuje na gotovo nikakvu povezanost. Ova korelacija pokazuje da balans kalcija u hranidbi mliječnih krava nema značajan utjecaj na emisiju amonijaka. Ovaj rezultat može sugerirati da strategije za regulaciju emisije amonijaka možda ne trebaju biti usmjerene na prilagodbu balansa kalcija u obrocima. Sličan zaključak može se donijeti i za korelaciju između emisije amonijaka i balansa fosfora u odnosu na potrebe, koja iznosi -0,014. Ova slaba negativna korelacija ukazuje na to da balans fosfora u hranidbi također ne igra značajnu ulogu u regulaciji emisije amonijaka. Iako balans fosfora može biti važan za druge aspekte zdravlja i proizvodnje mlijeka, nije ključan za kontrolu emisije amonijaka prema ovoj analizi. Zaključno, rezultati ove analize sugeriraju da nutritivni balansi kalcija i fosfora nisu značajni faktori u regulaciji emisije amonijaka kod mliječnih krava. Ovo može značiti da za učinkovito smanjenje emisije amonijaka možda treba razmotriti druge aspekte hranidbe, upravljanje stajskim gnojem ili optimizaciju drugih nutritivnih elemenata. Također, može biti korisno istražiti dodatne faktore koji utječu na emisiju amonijaka kako bi se razvile strategije za smanjenje ovog okolišnog problema.



Parametri kovarijabilnosti dnevne količine mlijeka i emisije amonijaka te sljedećih svojstava: neutralna deterdžent vlakna iz voluminoznih krmiva; neutralna deterdžent vlakna iz voluminoznih krmiva na osnovi tjelesne mase; dio NDV-a iz voluminoze u ukupnom NDV-u, neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom na osnovi tjelesne mase; eterski ekstrakt; fizički efektivna vlakna te neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom u obrocima mliječnih krava prikazani su u Tablici 25.

Tablica 25. Koeficijenti korelacije između dnevne količine mlijeka i emisije amonijaka te sljedećih svojstava: neutralna deterdžent vlakna iz voluminoznih krmiva; neutralna deterdžent vlakna iz voluminoznih krmiva na osnovi tjelesne mase; dio NDV-a iz voluminoze u ukupnom NDV-u, neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom na osnovi tjelesne mase; eterski ekstrakt; fizički efektivna vlakna te neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom u obrocima mliječnih krava

Svojstvo	Dnevna količina mlijeka (DKM), kg	Emisija amonijaka (EA), g/kravi/dan
<b>Dnevna količina mlijeka (DKM), kg</b>	1,000	-0,057
	96712	<,0001
<b>Emisija amonijaka (EA), g/kravi/dan</b>	94868	1,000
	-0,057	<,0001
<b>Neutralna deterdžent vlakna iz voluminoznih krmiva (NDV voluminoza), %</b>	57565	94868
	-0,537	0,016
<b>Neutralna deterdžent vlakna iz voluminoznih krmiva na osnovi tjelesne mase (NDV voluminoza TM), %</b>	57943	<,0001
	-0,092	<,0001
<b>Udio NDV-a iz voluminoze u ukupnom NDV-u (NDV voluminoza/ukupni NDV), %</b>	56267	0,021
	-0,414	<,0001
<b>Neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom na osnovi tjelesne mase (aNDVot TM), %</b>	56267	-0,109
	0,549	<,0001
<b>Eterski ekstrakt (EE), %</b>	59458	-0,098
	<,0001	<,0001
<b>Fizički efektivna vlakna (feNDV), %</b>	62215	0,032
	-0,597	<,0001
<b>Neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom (aNDVot), %</b>	62021	0,018
	-0,579	<,0001
		60945

Neutralna deterdžent vlakna iz voluminoznih krmiva (NDV voluminoza) pokazuju značajnu negativnu korelaciju s dnevnom količinom mlijeka od -0,537. Ova jaka negativna povezanost ukazuje na to da povećanje udjela vlakana iz voluminoznih krmiva u obroku može smanjiti proizvodnju mlijeka. To je očekivano jer vlakna iz voluminoze općenito smanjuju energetske dostupnost kravi, što može ograničiti proizvodnju mlijeka, posebno kod visokoproduktivnih krava koje imaju veće energetske potrebe. Neutralna deterdžent vlakna iz voluminoznih krmiva na osnovi tjelesne mase (NDV voluminoza TM) pokazuju slabu negativnu korelaciju od -0,092 s dnevnom količinom mlijeka. Iako je ova korelacija statistički značajna, njena mala vrijednost sugerira da postoji vrlo mali utjecaj ovog parametra na proizvodnju mlijeka. To implicira da udio vlakana iz voluminoznih krmiva relativno prema tjelesnoj masi krave ima minimalan efekt na proizvodnju mlijeka.

Udio NDV-a iz voluminoze u ukupnom NDV-u (NDV voluminoza/ukupni NDV) također pokazuje značajnu negativnu korelaciju od -0,414 s dnevnom količinom mlijeka. To znači da što je veći udio vlakana iz voluminoznih krmiva u ukupnom NDV-u obroka, to je manja proizvodnja mlijeka. Ovaj rezultat je u skladu s prethodnim nalazima jer ukazuje na to da voluminozna vlakna mogu smanjiti dostupnost energije za proizvodnju mlijeka. Neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom na osnovi tjelesne mase (aNDVot TM), s korelacijom od 0,549, pokazuju pozitivnu povezanost s proizvodnjom mlijeka. Ovo sugerira da, iako vlakna iz voluminoznih krmiva mogu smanjiti proizvodnju mlijeka, neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom na osnovi tjelesne mase krava može imati pozitivan učinak. To može biti povezano s činjenicom da vlakna igraju važnu ulogu u održavanju zdravlja buraga, što posljedično podržava proizvodnju mlijeka.

Eterski ekstrakt (EE) ima pozitivnu korelaciju od 0,446 s dnevnom količinom mlijeka, što znači da veći udio eterskih ekstrakata (masti) u obroku pozitivno utječe na proizvodnju mlijeka. Masti su bogat izvor energije, što je ključno za mliječne krave s visokim energetske potrebama. Dodavanje masti u obrok može povećati energetske gustoću hrane, što može povećati proizvodnju mlijeka. Fizički efektivna vlakna (feNDV) pokazuju značajnu negativnu korelaciju od -0,597 s proizvodnjom mlijeka. Ovo ukazuje da veći udio fizički efektivnih vlakana u obrocima može značajno smanjiti proizvodnju mlijeka. Fizički efektivna vlakna su važna za žvakanje i funkcioniranje buraga, ali ako ih ima previše, mogu ograničiti unos energije i time negativno utjecati na proizvodnju mlijeka. Nadalje, neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom (aNDVot) imaju negativnu korelaciju od -0,579 s dnevnom količinom

mlijeka, što znači da povećani udio neutralnih deterdžent vlakana determiniranih amilazom u obroku također smanjuje proizvodnju mlijeka.

Vlakna su važna za zdravlje probavnog sustava, ali njihov preveliki udio može smanjiti unos energije, što rezultira nižom proizvodnjom mlijeka.

Korelacija između emisije amonijaka i neutralnih deterdžent vlakana iz voluminoznih krmiva (NDV voluminoza) iznosi 0,016, što ukazuje na vrlo slabu pozitivnu povezanost. To znači da promjene u udjelu vlakana iz voluminoznih krmiva imaju minimalan učinak na emisiju amonijaka. Sličan obrazac vidljiv je i kod drugih vlakana, uključujući neutralna deterdžent vlakna u odnosu na tjelesnu masu (NDV voluminoza TM) i udio NDV-a iz voluminoznih krmiva u ukupnom NDV-u (NDV voluminoza/ukupni NDV), s korelacijama od -0,049 i 0,021. Ove niske korelacije sugeriraju da vlakna, iako važna za probavu i opće zdravlje krava, nemaju značajan utjecaj na emisiju amonijaka. Nadalje, korelacija emisije amonijaka s udjelom neutralnih deterdžent vlakana determiniranih amilazom na osnovi tjelesne mase (aNDVot TM) nešto je izraženija, s negativnom korelacijom od -0,109. Ovo sugerira da veći unos vlakana u odnosu na tjelesnu masu može smanjiti emisiju amonijaka, što bi moglo biti posljedica bolje probave i manjeg gubitka dušika kroz amonijak. Ovaj trend također potvrđuju rezultati za eterski ekstrakt (EE), gdje je zabilježena korelacija od -0,098. To ukazuje da povećan udio masti u obroku može smanjiti emisiju amonijaka, vjerojatno zbog poboljšane energetske iskorištenosti hrane, što smanjuje potrebu za pretvaranjem proteina u energiju i smanjuje gubitak dušika. Fizički efektivna vlakna (feNDV) i neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom (aNDVot) također pokazuju vrlo slabe pozitivne korelacije s emisijom amonijaka, što znači da promjene u unosu tih vlakana ne igraju značajnu ulogu u smanjenju emisije amonijaka. Ukupno, utvrđeni rezultati sugeriraju da nijedan od ovih pojedinačnih parametara nije ključan za regulaciju emisije amonijaka. Iako neki faktori, poput neutralnih deterdžent vlakana determiniranih amilazom i eterskog ekstrakta, pokazuju slabe korelacije s emisijom, ukupni utjecaj tih nutritivnih svojstava je minimalan.

Utvrđeni rezultati sugeriraju da vlakna u obrocima mliječnih krava imaju značajan utjecaj na proizvodnju mlijeka. Veći udio voluminoznih vlakana negativno utječe na proizvodnju mlijeka, dok neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom i neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom na osnovi tjelesne mase imaju pozitivan učinak, što ukazuje na važnost pravilnog balansa u unosu vlakana.

Eterski ekstrakt (masti) se pokazao pozitivnim čimbenikom u proizvodnji mlijeka, što potvrđuje važnost dovoljnog unosa energije u hranidbi mliječnih krava. S druge strane, fizički efektivna vlakna imaju snažan negativan učinak na proizvodnju mlijeka, što može ukazivati na potrebu za optimizacijom njihove količine u obroku. Nadalje, rezultati ukazuju na to da smanjenje emisije amonijaka kod mliječnih krava možda zahtijeva integriraniji pristup koji se ne temelji samo na promjenama u unosu vlakana ili masti, već uključuje optimizaciju proteina, učinkovitije rukovanje dušikom i potencijalno bolju primjenu stajskog gnoja.

Parametri kovarijabilnosti dnevne količine mlijeka i emisije amonijaka te sljedećih svojstava: sirovi protein obroka; u rumenu nerazgradivi proteini; bakterijski metabolički protein; metionin i lizin u obrocima mliječnih krava prikazani su u Tablici 26.

Tablica 26. Koeficijenti korelacije između dnevne količine mlijeka i emisije amonijaka te sljedećih svojstava: sirovi protein obroka; u rumenu nerazgradivi proteini; bakterijski metabolički protein; metionin i lizin u obrocima mliječnih krava

Svojstvo	Dnevna količina mlijeka (DKM), kg	Emisija amonijaka (EA), g/kravi/dan
<b>Dnevna količina mlijeka (DKM), kg</b>	1,000	-0,057
		<,0001
<b>Emisija amonijaka (EA), g/kravi/dan</b>	96712	94868
<b>Emisija amonijaka (EA), g/kravi/dan</b>	-0,057	1,000
	<,0001	
<b>Sirovi protein obroka (SP), %</b>	94868	94868
<b>Sirovi protein obroka (SP), %</b>	0,366	0,040
	<,0001	<,0001
<b>U rumenu nerazgradivi proteini (RNP), %</b>	62215	61139
<b>U rumenu nerazgradivi proteini (RNP), %</b>	0,597	-0,009
	<,0001	0,038
<b>Bakterijski metabolički protein (BMP), %</b>	60700	59648
<b>Bakterijski metabolički protein (BMP), %</b>	-0,671	0,051
	<,0001	<,0001
<b>Metionin (MET), %</b>	56267	55269
<b>Metionin (MET), %</b>	0,202	-0,016
	<,0001	0,000
<b>Lizin (LYS), %</b>	57371	56362
<b>Lizin (LYS), %</b>	-0,179	0,014
	<,0001	0,001
	57371	56362

Dnevna količina mlijeka pokazuje pozitivnu korelaciju sa sirovim proteinom obroka (SP) od 0,366. Ova pozitivna korelacija ukazuje na to da povećanje udjela sirovih proteina obroka može dovesti do povećane proizvodnje mlijeka. S obzirom na to da je protein ključan za sintezu mlijeka, veći unos sirovih proteina obroka omogućava kravi da zadovolji svoje potrebe za sintezom mliječnih proteina, što rezultira većom proizvodnjom mlijeka.

Ovo je u skladu s poznatim nutritivnim principima u kojima veća dostupnost aminokiselina iz probavljivih proteina podržava metaboličke procese koji su uključeni u proizvodnju mlijeka.

U rumenu nerazgradivi proteini (RNP) pokazuju još jaču pozitivnu korelaciju s dnevnom količinom mlijeka (0,597). Ova korelacija ukazuje na to da protein koji nije razgradiv u buragu, već je dostupan za apsorpciju u crijevima, ima značajan utjecaj na povećanje proizvodnje mlijeka. U rumenu nerazgradivi proteini omogućuju kravi direktno korištenje proteina iz obroka, bez njihove prethodne razgradnje u buragu, što rezultira većom raspoloživošću esencijalnih aminokiselina za sintezu mliječnih proteina. Visok nivo RUP-a često se povezuje s optimalnom sintezom mlijeka, posebno kod krava koje su pod intenzivnom proizvodnjom.

Nasuprot tome, bakterijski metabolički protein (BMP) pokazuje značajnu negativnu korelaciju s dnevnom proizvodnjom mlijeka (-0,671). Ova negativna korelacija sugerira da viša razina bakterijskog metaboličkog proteina u ukupnom proteinu može biti nepovoljna za proizvodnju mlijeka. Razlog za ovu pojavu može biti taj što bakterijski metabolički protein, iako važan za opskrbu krave esencijalnim aminokiselinama, možda ne zadovoljava u potpunosti potrebe za esencijalnim aminokiselinama koje su ključne za maksimalnu proizvodnju mlijeka, kao što su metionin i lizin. Smanjena sinteza mlijeka u ovakvim uvjetima može biti posljedica manjka specifičnih aminokiselina koje su potrebne u većim količinama za sintezu mliječnih proteina.

Metionin (MET), jedna od esencijalnih aminokiselina, pokazuje pozitivnu korelaciju s dnevnom količinom mlijeka (0,202). Ovaj rezultat ukazuje na važnost metionina u sintezi mliječnih proteina, jer veći udio metionina u obroku može poboljšati sintezu mlijeka. Metionin je poznat kao jedna od limitirajućih aminokiselina u obrocima mliječnih krava, što znači da njegov nedostatak može ograničiti proizvodnju mlijeka čak i kad su drugi nutrijenti dostupni u dovoljnim količinama. Povećanjem unosa metionina, krave mogu povećati svoju proizvodnju mlijeka zbog optimizacije sinteze proteina. Suprotno metioninu, lizin (LYS) pokazuje negativnu korelaciju s dnevnom količinom mlijeka (-0,179).

Iako je lizin također esencijalna aminokiselina, ova negativna korelacija može ukazivati na to da visoki nivoi lizina u obroku, bez optimalnog balansa s drugim aminokiselinama, mogu nepovoljno utjecati na sintezu mlijeka. To može biti rezultat neravnoteže između esencijalnih aminokiselina, pri čemu previše lizina, u odnosu na ostale esencijalne aminokiseline poput metionina, može dovesti do smanjenja sinteze mliječnih proteina.

Sirovi protein obroka (SP) ima malu pozitivnu korelaciju od 0,040 s emisijom amonijaka. To znači da povećanje udjela sirovog proteina obroka u obroku može neznatno povećati emisiju amonijaka, što je očekivano jer veći unos proteina može dovesti do povećanog gubitka dušika ako krava ne iskoristi sav protein efikasno.

U rumenu nerazgradivi proteini (RNP) pokazuju vrlo slabu negativnu korelaciju s emisijom amonijaka od -0,009. Ova veza sugerira da povećanje udjela nerazgradivih proteina ne povećava značajno emisiju amonijaka, što može ukazivati na to da protein koji se ne razgrađuje u buragu ima mali utjecaj na emisiju amonijaka.

Bakterijski metabolički protein (BMP) ima blagu pozitivnu korelaciju od 0,051 s emisijom amonijaka. Iako je ovaj parametar povezan s efikasnijom sintezom proteina, povećan bakterijski metabolički protein može rezultirati većim otpuštanjem amonijaka, ali taj učinak je minimalan.

Metionin (MET) pokazuje slabu negativnu korelaciju s emisijom amonijaka od -0,016, što sugerira kako povećanje metionina u obroku može lagano smanjiti emisiju amonijaka. Metionin je esencijalna aminokiselina koja pomaže u boljoj sintezi proteina, što može smanjiti gubitke dušika. Nadalje, lizin (LYS) ima vrlo blagu pozitivnu korelaciju s emisijom amonijaka od 0,014, što znači kako povećanje lizina u obroku nema značajan utjecaj na emisiju amonijaka. Lizin je također esencijalna aminokiselina, ali se čini kako njen utjecaj na emisiju amonijaka nije značajan u ovoj analizi.

Općenito, rezultati sugeriraju kako proteinski parametri obroka mliječnih krava imaju značajan utjecaj na proizvodnju mlijeka, pri čemu u rumenu nerazgradivi proteini i ravnoteža esencijalnih aminokiselina, posebno metionina, igraju ključnu ulogu u optimizaciji sinteze mlijeka. Nadalje, rezultati ukazuju kako emisija amonijaka u obrocima mliječnih krava nije snažno povezana s promjenama u unosu proteina i aminokiselina, iako mali utjecaji mogu postojati. Optimizacija proteinskih izvora može doprinijeti smanjenju emisije amonijaka, ali ti efekti relativno su mali.

### 3.4. Razvoj i odabir optimalnih statističkih modela za procjenu emisije amonijaka pojedinog grla u proizvodnji temeljem podataka redovne kontrole proizvodnosti

Prilikom razvoja i odabira optimalnih statističkih modela za procjenu emisije amonijaka pojedinog grla u proizvodnji temeljem podataka redovne kontrole proizvodnosti analizirana je fenotipska varijabilnost dnevnog sadržaja ureje u mlijeku te deriviranih svojstava: dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka i emisije amonijaka po kravi u proizvodnji mlijeka. Nadalje, osnovni statistički parametri dnevnog sadržaja ureje u mlijeku, sadržaja dušika u ureji mlijeka te emisije amonijaka po kravi u proizvodnji mlijeka prikazani su u Tablici 27.

Tablica 27. Osnovni statistički parametri dnevnog sadržaja ureje u mlijeku, sadržaja dušika u ureji mlijeka te emisije amonijaka po kravi u proizvodnji mlijeka

Svojstvo	N	Mean	SD	KV, %	SE	Min	Max
<b>UREJA, mg/dl</b>	5328144	21,99	9,60	43,68	0,00	0,50	60,00
<b>MUN, mg/dl</b>	5328144	10,12	4,42	43,68	0,00	0,23	27,60
<b>EA, g/kravi/dan</b>	5328144	75,88	22,22	29,29	0,01	26,16	163,83

\* UREJA = Dnevni sadržaj ureje u mlijeku (mg/dl); MUN = sadržaj dušika u ureji mlijeka (mg/dl); EA = dnevna emisija amonijaka (g/kravi/dan); N = apsolutni broj krava; Mean = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, KV = koeficijent varijabilnosti; SE = standardna pogreška; Min = minimum, Max = maksimum

Rezultati prikazani u Tablici 27. pružaju uvid u osnovne statističke parametre za dnevni sadržaj ureje u mlijeku (UREJA), dnevni sadržaj dušika u ureji mlijeka (MUN) te emisiju amonijaka po kravi u proizvodnji mlijeka (EA).

Prosječna vrijednost dnevnog sadržaja ureje u mlijeku iznosila je 21,99 mg/dl, uz standardnu devijaciju od 9,60 mg/dl, što upućuje na značajnu varijabilnost unutar uzorka. Minimalne i maksimalne vrijednosti su se kretale između 0,50 mg/dl i 60,00 mg/dl, što ukazuje na širok raspon rezultata među pojedinačnim kravama. Koeficijent varijabilnosti, koji je iznosio 43,68 %, dodatno potvrđuje relativno visoku razinu varijabilnosti unutar uzorka, ukazujući na značajne razlike u koncentraciji ureje u mlijeku među različitim životinjama.

Sadržaj dušika u ureji mlijeka, koji je deriviran iz koncentracije ureje, imao je prosječnu vrijednost od 10,12 mg/dl, sa standardnom devijacijom od 4,42 mg/dl. Minimalne i maksimalne vrijednosti bile su 0,23 mg/dl i 27,60 mg/dl, što također pokazuje značajnu fenotipsku varijabilnost među kravama.

Koeficijent varijabilnosti za sadržaj dušika u ureji mlijeka bio je identičan onome za ureju, odnosno 43,68 %, što upućuje kako su varijacije u koncentraciji sadržaja dušika u ureji mlijeka usko povezane s varijacijama u koncentraciji ureje.

Emisija amonijaka po kravi u proizvodnji mlijeka imala je prosječnu vrijednost od 75,88 grama po danu, sa standardnom devijacijom od 22,22 grama po danu, što također ukazuje na znatnu varijabilnost među kravama. Minimalna i maksimalna emisija amonijaka kretala se između 26,16 g/kravi/dan i 163,83 g/kravi/dan, što sugerira prisutnost velikih razlika u emisiji amonijaka između različitih jedinki. Koeficijent varijabilnosti za emisiju amonijaka iznosio je 29,29 %, što ukazuje na nešto nižu razinu varijabilnosti u usporedbi s varijabilnošću u sadržaju ureje i sadržaju dušika u ureji mlijeka.

Utvrđeni rezultati pokazuju postojanje značajne fenotipske raznolikosti u parametrima koji se odnose na dnevni sadržaj ureje u mlijeku, dnevni sadržaj dušika u ureji mlijeka te emisiju amonijaka među pojedinačnim kravama. Visoke vrijednosti koeficijenata varijabilnosti, posebno za UREJA i MUN, sugeriraju kako bi pri izradi statističkih modela za procjenu emisija amonijaka po grlu bilo potrebno uzeti u obzir ovu visoku razinu fenotipske raznolikosti radi preciznosti i pouzdanosti modela.



Parametri varijabilnosti dnevnog sadržaja ureje u mlijeku, dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka te emisije amonijaka po kravi u proizvodnji mlijeka prema sezoni kontrole mliječnosti (proljeće, ljeto, jesen i zima) prikazani su u Tablici 28.

Tablica 28. Osnovni statistički parametri dnevnog sadržaja ureje u mlijeku, dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka te emisije amonijaka po kravi prema sezoni kontrole mliječnosti (proljeće, ljeto, jesen i zima)

Svojstvo	N	Mean	SD	KV, %	SE	Min	Max
<b>Proljeće</b>							
<b>UREJA, mg/dl</b>	1407479	21,78	9,40	43,15	0,01	0,50	60,00
<b>MUN, mg/dl</b>	1407479	10,02	4,32	43,15	0,00	0,23	27,60
<b>EA, g/kravi/dan</b>	1407479	75,40	21,75	28,84	0,02	26,16	163,83
<b>Ljeto</b>							
<b>UREJA, mg/dl</b>	1230119	25,00	9,77	39,08	0,01	0,50	60,00
<b>MUN, mg/dl</b>	1230119	11,50	4,49	39,08	0,00	0,23	27,60
<b>EA, g/kravi/dan</b>	1230119	82,84	22,60	27,28	0,02	26,16	163,83
<b>Jesen</b>							
<b>UREJA, mg/dl</b>	1353859	21,33	9,30	43,61	0,01	0,50	60,00
<b>MUN, mg/dl</b>	1353859	9,81	4,28	43,61	0,00	0,23	27,60
<b>EA, g/kravi/dan</b>	1353859	74,35	21,52	28,95	0,02	26,16	163,83
<b>Zima</b>							
<b>UREJA, mg/dl</b>	1336687	20,11	9,32	46,36	0,01	0,50	60,00
<b>MUN, mg/dl</b>	1336687	9,25	4,29	46,36	0,00	0,23	27,60
<b>EA, g/kravi/dan</b>	1336687	71,53	21,57	30,15	0,02	26,16	163,83

\* UREJA = Dnevni sadržaj ureje u mlijeku (mg/dl); MUN = Dnevni sadržaj dušika u ureji mlijeka (mg/dl); EA = dnevna emisija amonijaka (g/kravi/dan); N = apsolutni broj krava; Mean = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, KV = koeficijent varijabilnosti; SE = standardna pogreška; Min = minimum, Max = maksimum

Rezultati prikazani u Tablici 28. odnose se na osnovne statističke parametre dnevnog sadržaja ureje u mlijeku (UREJA), dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka (MUN) te emisije amonijaka po kravi (EA) u različitim sezonama (proljeće, ljeto, jesen, zima). Prikazani podaci omogućuju uvid u sezonske varijacije ovih parametara, što je važno za razumijevanje utjecaja okolišnih čimbenika na metaboličke procese krava i njihovu proizvodnju mlijeka.

Prosječna vrijednost dnevnog sadržaja ureje u mlijeku (UREJA) varirala je između sezona, pri čemu su najveće prosječne vrijednosti zabilježene tijekom ljeta (25,00 mg/dl), dok su najniže zabilježene zimi (20,11 mg/dl). Proljetna (21,78 mg/dl) i jesenska (21,33 mg/dl) vrijednost bile su približno slične. Ova varijacija može biti posljedica promjena u hranidbi i metaboličkih potreba krava tijekom različitih sezona. Tijekom ljeta, zbog povećanih temperatura i potencijalno većeg stresa zbog vrućine, može doći do promjena u unosu i iskorištavanju hranjivih tvari, što može objasniti povećanje koncentracije ureje. S druge strane, zimska sezona može rezultirati nižim sadržajem ureje zbog drukčijih uvjeta hranidbe, kao što je veći unos sijena i drugih sušenih biljnih materijala koji su manje bogati proteinima u usporedbi sa svježom travom u proljeće i ljeto. Najveći koeficijent varijabilnosti zabilježen je zimi (46,36 %), dok je najmanji bio ljeti (39,08 %), što sugerira kako je varijabilnost među životinjama veća tijekom hladnijih mjeseci, vjerojatno zbog različitih reakcija pojedinačnih krava na hranidbu i uvjete smještaja.

Dnevni sadržaj dušika u ureji mlijeka (MUN) također je pokazao sezonske varijacije. Najviša prosječna vrijednost MUN-a zabilježena je ljeti (11,50 mg/dl), dok je najniža bila zimi (9,25 mg/dl). Ovaj obrazac prati sezonske promjene u koncentraciji ureje, što je očekivano, s obzirom na blisku povezanost između ureje i sadržaja dušika u ureji mlijeka. Tijekom ljeta, zbog višeg unosa proteina i možda manje učinkovite razgradnje zbog toplinskog stresa, dolazi do većeg nakupljanja ureje u tijelu, što se reflektira i u većem sadržaju dušika u ureji mlijeka. S druge strane, zimi, niža razina proteina u hrani i smanjen stres zbog hladnijih uvjeta mogu dovesti do smanjenja ureje i MUN-a. Kao i kod UREJA, najveća varijabilnost zabilježena je zimi (46,36 %), dok je najmanja bila ljeti (39,08 %), što potvrđuje sezonski utjecaj na metaboličke procese vezane za metabolizam dušika.

Emisija amonijaka po kravi (EA) također varira sezonski, pri čemu je najviša emisija zabilježena ljeti (82,84 g/kravi/dan), dok je najniža zimi (71,53 g/kravi/dan). Ovaj obrazac ukazuje na to kako ljeti, zbog povećane koncentracije ureje i dušika u ureji mlijeka, dolazi do većih gubitaka dušika kroz emisiju amonijaka. Visoke temperature mogu dodatno pogoršati

ovaj proces jer toplinski stres može povećati metabolizam i potrošnju energije, što rezultira većim proizvodima razgradnje dušika. S druge strane, zimski uvjeti, s nižim temperaturama i promjenama u hranidbi, vjerojatno dovode do smanjenog stresa i boljeg iskorištavanja hranjivih tvari, što rezultira nižom emisijom amonijaka. Koeficijent varijabilnosti za emisiju amonijaka bio je najveći zimi (30,15 %), dok je najmanji bio ljeti (27,28 %), što može upućivati na to kako su ljetni uvjeti stabilniji u pogledu faktora koji utječu na emisiju amonijaka, dok zimi pojedinačne razlike među kravama igraju značajniju ulogu.

Utvrđeni rezultati ukazuju na značajan sezonski utjecaj na dnevni sadržaj ureje i sadržaj dušika u ureji mlijeka, kao i na emisiju amonijaka po kravi. Povećane vrijednosti ljeti upućuju na to kako toplinski stres i sezonska promjena u hranidbi dovode do većeg metabolizma proteina, što se reflektira u povećanoj koncentraciji ureje i sadržaja dušika u ureji mlijeka te posljedično većim emisijama amonijaka. Zimski uvjeti, s druge strane, rezultiraju nižim razinama ovih parametara, vjerojatno zbog promjena u hranidbi i smanjenog stresa. Ovi nalazi mogu imati važne implikacije za upravljanje hranidbom i okolišnim uvjetima tijekom različitih sezona, s ciljem optimizacije proizvodnih parametara i smanjenja negativnih utjecaja na okoliš.

Parametri varijabilnosti dnevnog sadržaja ureje u mlijeku, dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka te emisije amonijaka po kravi u proizvodnji mlijeka prema regiji uzgoja mliječnih krava (središnja Hrvatska, istočna Hrvatska i mediteranska Hrvatska) prikazani su u Tablici 29.

Tablica 29. Osnovni statistički parametri dnevnog sadržaja ureje u mlijeku, dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka te emisije amonijaka po kravi prema regiji uzgoja mliječnih krava (središnja Hrvatska, istočna Hrvatska i mediteranska Hrvatska)

Svojstvo	N	Mean	SD	KV, %	SE	Min	Max
<b>Središnja Hrvatska</b>							
<b>UREJA, mg/dl</b>	2193192	20,04	10,09	50,36	0,01	0,50	60,00
<b>MUN, mg/dl</b>	2193192	9,22	4,64	50,36	0,00	0,23	27,60
<b>EA, g/kravi/dan</b>	2193192	71,37	23,35	32,72	0,02	26,16	163,83
<b>Istočna Hrvatska</b>							
<b>UREJA, mg/dl</b>	2870767	23,28	8,90	38,25	0,01	0,50	60,00
<b>MUN, mg/dl</b>	2870767	10,71	4,10	38,25	0,00	0,23	27,60
<b>EA, g/kravi/dan</b>	2870767	78,87	20,60	26,12	0,01	26,16	163,83
<b>Mediteranska Hrvatska</b>							
<b>UREJA, mg/dl</b>	252434	24,19	9,74	40,28	0,02	0,50	60,00
<b>MUN, mg/dl</b>	252434	11,13	4,48	40,28	0,01	0,23	27,60
<b>EA, g/kravi/dan</b>	252434	80,97	22,54	27,84	0,05	26,16	163,83

\* UREJA = Dnevni sadržaj ureje u mlijeku (mg/dl); MUN = Dnevni sadržaj dušika u ureji mlijeka (mg/dl); EA = dnevna emisija amonijaka (g/kravi/dan); N = apsolutni broj krava; Mean = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, KV = koeficijent varijabilnosti; SE = standardna pogreška; Min = minimum, Max = maksimum

Rezultati prikazani u Tablici 29. pokazuju značajnu varijabilnost dnevnog sadržaja ureje u mlijeku (UREJA), dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka (MUN) i emisije amonijaka po kravi (EA) prema regiji uzgoja mliječnih krava (središnja Hrvatska, istočna Hrvatska i mediteranska Hrvatska). Razlike između regija naglašavaju utjecaj geografskih i klimatskih uvjeta, kao i potencijalne razlike u hranidbenim praksama, tehnologijama uzgoja te upravljanju stočarstvom u različitim dijelovima Hrvatske.

Dnevni sadržaj ureje u mlijeku (UREJA) varirao je među regijama, pri čemu su najviše prosječne vrijednosti zabilježene u mediteranskoj Hrvatskoj (24,19 mg/dl), a najniže u središnjoj Hrvatskoj (20,04 mg/dl). Ova razlika može se objasniti specifičnostima hranidbe i klimatskim uvjetima svake regije. U mediteranskoj Hrvatskoj, zbog toplije klime i različitog spektra dostupne hrane (manji udio svježeg travnjaka u usporedbi s ostalim regijama), moguće je kako krave primaju obroke s većim udjelom proteina, što bi moglo rezultirati višim koncentracijama ureje u mlijeku. U istočnoj Hrvatskoj, koja je poznata po intenzivnoj poljoprivredi i stočarstvu, prosječna vrijednost ureje (23,28 mg/dl) također je relativno visoka, što bi moglo biti povezano s visokim unosima hrane i potencijalno većim unosom proteina putem obroka. Središnja Hrvatska, s najnižim vrijednostima ureje, može imati više uravnotežene obroke ili stabilniji omjer energije i proteina u hranidbi, što bi moglo smanjiti razinu ureje u mlijeku. Koeficijent varijabilnosti za ureju bio je najveći u središnjoj Hrvatskoj (50,36 %), što upućuje na veliku nejednakost među kravama u toj regiji u sposobnosti metaboliziranja proteina. To bi moglo biti rezultat veće raznolikosti u upravljanju stadom, tehnologijama hranidbe ili genetskih varijacija unutar populacije. Nasuprot tome, najmanji koeficijent varijabilnosti zabilježen je u istočnoj Hrvatskoj (38,25 %), što sugerira kako krave u ovoj regiji imaju konzistentniji unos proteina i stabilniju hranidbu.

Dnevni sadržaj dušika u ureji mlijeka (MUN) pokazuje sličan obrazac kao i UREJA, s najvišim prosječnim vrijednostima zabilježenima u mediteranskoj Hrvatskoj (11,13 mg/dl), a najnižim u središnjoj Hrvatskoj (9,22 mg/dl). S obzirom na usku povezanost parametara MUN i UREJA, ovi rezultati potvrđuju kako mediteranska Hrvatska ima najveće koncentracije sadržaja dušika u ureji mlijeka, što može ukazivati na veću razgradnju proteina i veće gubitke dušika. Istočna Hrvatska bilježi srednje vrijednosti (10,71 mg/dl), što može biti rezultat intenzivnijih metoda uzgoja i preciznijeg upravljanja hranidbom. Najniže vrijednosti u središnjoj Hrvatskoj mogu biti rezultat optimalnije hranidbe ili boljeg balansa između energije i proteina u obrocima. Koeficijent varijabilnosti za MUN također je bio najveći u središnjoj Hrvatskoj (50,36 %), što sugerira veću heterogenost u sposobnosti krava iz ove regije u korištenju proteina iz hrane. Ova velika varijabilnost može odražavati različite hranidbene prakse i uvjete smještaja krava u toj regiji. Istočna Hrvatska, s najmanjim koeficijentom varijabilnosti (38,25 %), pokazuje ujednačeniji odgovor krava na hranidbene režime, što može biti rezultat konzistentnije i prilagođene hranidbe u ovoj regiji.

Emisija amonijaka po kravi (EA) također varira između regija, pri čemu mediteranska Hrvatska ima najviše prosječne emisije amonijaka (80,97 g/kravi/dan), dok je središnja Hrvatska zabilježila najniže emisije (71,37 g/kravi/dan). Povećane emisije amonijaka u mediteranskoj Hrvatskoj mogu se povezati s većim unosom proteina u hrani, što rezultira višim razinama ureje i sadržaja dušika u ureji mlijeka te posljedično - većim emisijama amonijaka. Istočna Hrvatska, s prosječnom emisijom od 78,87 g/kravi/dan, također bilježi značajne emisije, što može biti povezano s intenzivnom proizvodnjom i većom produktivnošću krava. Središnja Hrvatska, s nižim emisijama, vjerojatno koristi pristupe hranidbi koji smanjuju gubitke dušika i optimiziraju iskorištenje proteina. Koeficijent varijabilnosti za emisiju amonijaka bio je najveći u središnjoj Hrvatskoj (32,72 %), što sugerira veće razlike među kravama u sposobnosti metaboliziranja dušika i emisiji amonijaka. Ova raznolikost može odražavati širi raspon hranidbenih praksi, kvalitete hrane ili razlika u uvjetima smještaja krava. S druge strane, najmanji koeficijent varijabilnosti zabilježen je u istočnoj Hrvatskoj (26,12 %), što ukazuje na ujednačenije emisije amonijaka među kravama, vjerojatno zbog homogenijih uvjeta uzgoja i hranidbe.

Utvrđeni rezultati pokazuju značajan utjecaj regija u Hrvatskoj na metaboličke parametre vezane uz razgradnju proteina i emisiju amonijaka. Mediteranska regija, s najvišim vrijednostima ureje, dušika u ureji mlijeka i emisije amonijaka, ukazuje na potencijalnu potrebu za optimizacijom hranidbe kako bi se smanjili gubici dušika i emisije štetnih plinova. Istočna Hrvatska, s intenzivnijom proizvodnjom, također pokazuje visoke vrijednosti, ali uz manju varijabilnost, što sugerira učinkovitije upravljanje stadom i hranidbenim režimima. Središnja Hrvatska, s nižim vrijednostima ureje i amonijaka, ukazuje na potencijalno bolje prilagođene hranidbene strategije, iako velika varijabilnost upućuje na potrebu za dodatnim poboljšanjima u konzistentnosti hranidbe i smanjenju razlika među kravama. Nadalje, provedena analiza pokazuje kako regionalne specifičnosti mogu značajno utjecati na metabolizam i proizvodnju mliječnih krava te naglašava važnost prilagođavanja hranidbe i upravljanja u različitim regijama kako bi se postigli optimalni rezultati u smislu produktivnosti i smanjenja negativnog utjecaja na okoliš.

Rezultati analize varijabilnosti dnevnog sadržaja ureje u mlijeku, dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka te emisije amonijaka po kravi u proizvodnji mlijeka prema redoslijedu laktacije prikazani su u Tablici 30.

Sukladno redoslijedu laktacije krave podijeljene su u 5 razreda:

- I (prva laktacija – prvotelke),
- II (druga laktacije – krave u drugoj laktaciji),
- III (treća laktacija – krave u trećoj laktaciji),
- IV (četvrta laktacije – krave u četvrtoj laktaciji),
- V (peta i više laktacije – krave u petoj i višim laktacijama).

Rezultati prikazani u Tablici 30. ukazuju na značajne varijacije u parametrima dnevnog sadržaja ureje, dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka te emisije amonijaka u mlijeku krava, ovisno o redoslijedu laktacije. Ove varijacije mogu se tumačiti kao odraz promjena u metabolizmu krava kako se povećava broj laktacija, a mogu se povezati i s različitim fiziološkim potrebama i učinkovitostima probave proteina u različitim stadijima proizvodnje mlijeka.

Što se tiče prosječnog sadržaja ureje u mlijeku, vrijednosti su relativno ujednačene između različitih redoslijeda laktacije, pri čemu su krave u prvoj laktaciji (prvotelke) pokazale vrijednost od 22,31 mg/dl, dok su krave u petoj i višim laktacijama imale nešto nižu vrijednost od 20,35 mg/dl. Ove razlike ukazuju na mogućnost smanjenja metaboličke efikasnosti krava s većim brojem laktacija, što rezultira manjom količinom ureje u mlijeku. Standardne devijacije također su slične između grupa, ali vidljivo je povećanje koeficijenta varijabilnosti s redoslijedom laktacije, pri čemu krave u petoj i višim laktacijama imaju najveći koeficijent varijabilnosti (49,96 %), dok je najmanji zabilježen kod prvotelki (41,62 %). Ovaj trend može ukazivati na veće varijacije u metabolizmu proteina i proizvodnji ureje kod starijih krava, što može biti povezano s njihovim različitim fiziološkim stanjem i zdravstvenim statusom.

Što se tiče sadržaja dušika u ureji mlijeka (MUN), sličan obrazac je vidljiv kao i kod ureje. Prvotelke imaju prosječnu vrijednost od 10,26 mg/dl, dok krave u petoj i višim laktacijama imaju nešto nižu prosječnu vrijednost od 9,36 mg/dl. Ove razlike mogu ukazivati na različite potrebe za proteinima kod krava u različitim stadijima laktacije, pri čemu mlađe krave mogu bolje iskoristiti proteine iz hrane. Standardne devijacije su također relativno ujednačene između grupa, dok se koeficijent varijabilnosti, kao i kod ureje, povećava s brojem laktacija.

Najveći koeficijent varijabilnosti zabilježen je kod krava u petoj i višim laktacijama (49,96 %), dok je najmanji kod prvotelki (41,62 %). To sugerira razlike u sposobnosti starijih krava za metaboliziranje proteina, što može biti posljedica različitih metaboličkih i zdravstvenih stanja koja utječu na učinkovitost organizma u korištenju proteina.

Tablica 30. Osnovni statistički parametri dnevnog sadržaja ureje u mlijeku, sadržaja dušika u ureji mlijeka te emisije amonijaka po kravi prema redoslijedu laktacije (I, II, III, IV, V)

Svojstvo	N	Mean	SD	KV, %	SE	Min	Max
<b>Redoslijed laktacije = I</b>							
<b>UREJA, mg/dl</b>	1999470	22,31	9,29	41,62	0,01	0,50	60,00
<b>MUN, mg/dl</b>	1999470	10,26	4,27	41,62	0,00	0,23	27,60
<b>EA, g/kravi/dan</b>	1999470	76,62	21,48	28,04	0,02	26,16	163,83
<b>Redoslijed laktacije = II</b>							
<b>UREJA, mg/dl</b>	1424623	22,46	9,61	42,79	0,01	0,50	60,00
<b>MUN, mg/dl</b>	1424623	10,33	4,42	42,79	0,00	0,23	27,60
<b>EA, g/kravi/dan</b>	1424623	76,97	22,24	28,89	0,02	26,16	163,83
<b>Redoslijed laktacije = III</b>							
<b>UREJA, mg/dl</b>	900767	21,86	9,72	44,45	0,01	0,50	60,00
<b>MUN, mg/dl</b>	900767	10,06	4,47	44,45	0,01	0,23	27,60
<b>EA, g/kravi/dan</b>	900767	75,58	22,49	29,75	0,02	26,16	163,83
<b>Redoslijed laktacije = IV</b>							
<b>UREJA, mg/dl</b>	507546	21,23	9,83	46,33	0,01	0,50	60,00
<b>MUN, mg/dl</b>	507546	9,76	4,52	46,33	0,01	0,23	27,60
<b>EA, g/kravi/dan</b>	507546	74,11	22,75	30,70	0,03	26,16	163,83
<b>Redoslijed laktacije = V</b>							
<b>UREJA, mg/dl</b>	495738	20,35	10,17	49,96	0,01	0,50	60,00
<b>MUN, mg/dl</b>	495738	9,36	4,68	49,96	0,01	0,23	27,60
<b>EA, g/kravi/dan</b>	495738	72,09	23,53	32,63	0,03	26,16	163,83

\* UREJA = dnevni sadržaj ureje u mlijeku (mg/dl); MUN = dnevni sadržaj dušika u ureji mlijeka (mg/dl); EA = dnevna emisija amonijaka (g/kravi/dan); N = apsolutni broj krava; Mean = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, KV = koeficijent varijabilnosti; SE = standardna pogreška; Min = minimum, Max = maksimum



Nadalje, emisija amonijaka po kravi također pokazuje sličan obrazac. Prvotelke imaju prosječnu emisiju od 76,62 g/kravi/dan, dok krave u petoj i višim laktacijama pokazuju manju emisiju od 72,09 g/kravi/dan. Ova smanjena emisija kod starijih krava može biti povezana s nižim metabolizmom proteina ili smanjenom efikasnošću probave u starijoj dobi. Standardne devijacije su slične između grupa, ali koeficijent varijabilnosti je najveći kod starijih krava (32,63 %) i najmanji kod prvotelke (28,04 %). Ove varijacije u emisiji amonijaka mogu odražavati promjene u učinkovitosti metaboliziranja proteina s povećanjem broja laktacija, što može imati implikacije na upravljanje hranidbom i okolišnim utjecajima u proizvodnji mlijeka.

Utvrđeni rezultati pokazuju nešto veći sadržaj ureje i dušika u ureji mlijeka te višu emisiju amonijaka kod krava u ranijim laktacijama (prvotelke i drugotelke), dok krave u kasnijim laktacijama pokazuju blago smanjenje ovih parametara uz veće varijacije unutar grupe. Ove razlike sugeriraju različite metaboličke potrebe starijih krava, koje je potrebno uzeti u obzir pri prilagodbi hranidbenih praksi radi optimizacije proizvodnje mlijeka i smanjenja emisija amonijaka.

Rezultati analize varijabilnosti dnevnog sadržaja ureje u mlijeku, dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka te emisije amonijaka po kravi u proizvodnji mlijeka prema stadiju laktacije, pri čemu je stadij laktacije podijeljen u razrede dužine 100 dana, prikazani su u Tablici 31. Nadalje, prema stadiju laktacije krave su podijeljene u 4 razreda (I, II, III, IV):

- I. (prvih sto dana laktacije),
- II. (drugih sto dana laktacije),
- III. (trećih sto dana laktacije),
- IV. (više od tristo dana laktacije).

Tablica 31. Osnovni statistički parametri dnevnog sadržaja ureje u mlijeku, dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka te emisije amonijaka po kravi prema stadiju laktacije (I, II, III, IV; stadij = 100 dana)

Svojstvo	N	Mean	SD	KV, %	SE	Min	Max
<b>Stadij laktacije = I (&lt; 100 dana)</b>							
<b>UREJA, mg/dl</b>	1640791	21,42	9,61	44,84	0,01	0,50	60,00
<b>MUN, mg/dl</b>	1640791	9,85	4,42	44,84	0,00	0,23	27,60
<b>EA, g/kravi/dan</b>	1640791	74,57	22,22	29,80	0,02	26,16	163,83
<b>Stadij laktacije = II (100 – 200 dana)</b>							
<b>UREJA, mg/dl</b>	1391701	22,79	9,69	42,53	0,01	0,50	60,00
<b>MUN, mg/dl</b>	1391701	10,49	4,46	42,53	0,00	0,23	27,60
<b>EA, g/kravi/dan</b>	1391701	77,74	22,43	28,85	0,02	26,16	163,83
<b>Stadij laktacije = III (200 – 300 dana)</b>							
<b>UREJA, mg/dl</b>	1247357	22,31	9,53	42,71	0,01	0,50	60,00
<b>MUN, mg/dl</b>	1247357	10,26	4,38	42,71	0,00	0,23	27,60
<b>EA, g/kravi/dan</b>	1247357	76,63	22,05	28,78	0,02	26,16	163,83
<b>Stadij laktacije = IV (&gt; 300 dana)</b>							
<b>UREJA, mg/dl</b>	1048295	21,43	9,48	44,23	0,01	0,50	60,00
<b>MUN, mg/dl</b>	1048295	9,86	4,36	44,23	0,00	0,23	27,60
<b>EA, g/kravi/dan</b>	1048295	74,57	21,93	29,41	0,02	26,16	163,83

\* UREJA = dnevni sadržaj ureje u mlijeku (mg/dl); MUN = dnevni sadržaj dušika u ureji mlijeka (mg/dl); EA = dnevna emisija amonijaka (g/kravi/dan); N = apsolutni broj krava; Mean = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, KV = koeficijent varijabilnosti; SE = standardna pogreška; Min = minimum, Max = maksimum

Rezultati prikazani u Tablici 31. prikazuju varijabilnost dnevnog sadržaja ureje u mlijeku, dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka i emisije amonijaka po kravi prema stadiju laktacije, gdje su krave podijeljene prema dužini laktacije u razrede od 100 dana. Ova analiza omogućava uvid u metaboličke promjene koje se događaju tijekom različitih faza laktacije i njihov utjecaj na proizvodne karakteristike krava.

Što se tiče dnevnog sadržaja ureje u mlijeku (UREJA), rezultati pokazuju blage fluktuacije u različitim razredima laktacije. U prvih sto dana laktacije (I. razred) prosječna vrijednost iznosi 21,42 mg/dl, a nakon toga, u drugih sto dana laktacije (II. razred), dolazi do blagog porasta prosječne vrijednosti na 22,79 mg/dl, dok u trećih sto dana (III. razred) iznosi 22,31 mg/dl.

U više od tristo dana laktacije (IV. razred) prosječna vrijednost se vraća na 21,43 mg/dl, što ukazuje na smanjenje prema kraju laktacije. Ove promjene sugeriraju razlike u iskoristivosti proteina i metaboličkoj aktivnosti krava prema fazi laktacije. Na početku laktacije, krave imaju nešto niži sadržaj ureje, vjerojatno zbog intenzivne potrebe za proteinima u svrhu podrške proizvodnje mlijeka. S povećanjem broja dana laktacije, dolazi do stabilizacije metaboličkih procesa, ali manji porast ureje u drugom razredu laktacije može ukazivati na promjene u iskoristivosti hranjivih tvari. Standardna devijacija ostaje relativno ujednačena u svim fazama laktacije, što ukazuje na sličnu razinu varijabilnosti u svakom razredu. Najveći koeficijent varijabilnosti zabilježen je u prvih sto dana laktacije (44,84 %), dok je najmanji zabilježen u drugih sto dana (42,53 %), što sugerira pojavu veće raznolikosti u metabolizmu krava u prvoj fazi laktacije.

U pogledu dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka (MUN), trendovi su slični onima kod ureje. U prvih sto dana laktacije prosječna vrijednost iznosi 9,85 mg/dl, dok u drugih sto dana dolazi do porasta na 10,49 mg/dl, što pokazuje sličan obrazac kao kod ureje. U trećem razredu laktacije prosječna vrijednost je nešto niža i iznosi 10,26 mg/dl, dok se u četvrtom razredu vraća na 9,86 mg/dl. Ovaj trend prati isti obrazac kao kod dnevnog sadržaja ureje, što ukazuje na promjene u metabolizmu proteina i njihovoj razgradnji tijekom različitih faza laktacije koje direktno utječu na razine dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka. Najveći koeficijent varijabilnosti dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka također je zabilježen u prvoj fazi laktacije (44,84 %), što ponovno ukazuje na povećanu metaboličku varijabilnost u ranijim fazama laktacije, dok se u drugim fazama varijabilnost smanjuje.

Kod emisije amonijaka po kravi (EA), prosječne vrijednosti pokazuju određene fluktuacije s obzirom na stadij laktacije. U prvih sto dana laktacije prosječna emisija iznosi 74,57 g/kravi/dan, dok u drugih sto dana laktacije raste na 77,74 g/kravi/dan, što sugerira veću emisiju amonijaka kod krava u srednjoj fazi laktacije. U trećem razredu emisija lagano opada na 76,63 g/kravi/dan, a u četvrtom razredu vraća se na 74,57 g/kravi/dan. Ovi rezultati sugeriraju veće emisije amonijaka kod krava u srednjim fazama laktacije, kada je njihova proizvodnja mlijeka najintenzivnija, dok emisija opada u početnim i kasnijim fazama laktacije. Standardna devijacija je slična kroz sve faze, no koeficijent varijabilnosti najveći je u prvih sto dana laktacije (29,81 %), dok je najmanji u trećih sto dana (28,78 %). Ovi podaci ukazuju na raznolikost u emisiji amonijaka među kravama, osobito u ranim fazama laktacije, kada su metaboličke potrebe i opterećenja organizma najveći.

Utvrđeni rezultati ukazuju na promjene u sadržaju ureje, sadržaju dušika u ureji mlijeka i emisiji amonijaka, prema fazi laktacije.. Najveće promjene su zabilježene u srednjim fazama laktacije, kada su metabolički procesi na vrhuncu, dok se u ranim i kasnim fazama laktacije bilježi stabilizacija ovih parametara. Povećana varijabilnost u prvoj fazi laktacije može biti povezana s intenzivnim fiziološkim promjenama koje se događaju tijekom tog perioda, dok smanjena varijabilnost u kasnijim fazama ukazuje na stabilizaciju metaboličkih procesa. Ovi rezultati pružaju važne informacije za optimizaciju hranidbe i upravljanja proizvodnjom mlijeka, s posebnim naglaskom na prilagodbu hranidbe prema stadiju laktacije kako bi se optimizirala iskoristivost proteina i smanjila emisija amonijaka.

Rezultati analize varijabilnosti dnevnog sadržaja ureje u mlijeku, dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka te emisije amonijaka po kravi u proizvodnji mlijeka prema stadiju laktacije, pri čemu je stadij laktacije podijeljen u razrede dužine 30 dana, prikazani su u Tablici 32. Nadalje, prema stadiju laktacije krave su podijeljene u 11 razreda (I, II, III, ..., XI):

- I. (prvih trideset dana laktacije),
- II. (drugih trideset dana laktacije),
- III. (trećih trideset dana laktacije),
- XI. (više od tristo dana laktacije).

Rezultati analize prikazani u Tablici 32. pružaju detaljan uvid u varijabilnost dnevnog sadržaja ureje u mlijeku, dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka te emisije amonijaka po kravi tijekom različitih stadija laktacije, podijeljenih u razrede od 30 dana. Ova detaljna segmentacija omogućava bolje razumijevanje kako različite faze laktacije utječu na metaboličke parametre mlijeka i emisije amonijaka, što može imati važne implikacije za hranidbene strategije i upravljanje okolišem na mliječnim farmama.

Prosječna vrijednost dnevnog sadržaja ureje u mlijeku (UREJA) pokazuje blage varijacije kroz različite faze laktacije. U prvih 30 dana laktacije, prosječna vrijednost ureje iznosi 20,76 mg/dl, dok se u narednih 30 dana povećava na 21,41 mg/dl. Daljnji porast se nastavlja tijekom trećih trideset dana s vrijednošću od 22,10 mg/dl, a zatim se postupno povećava do 22,87 mg/dl u 150 danu laktacije. Nakon toga, prosječne vrijednosti ureje ostaju relativno stabilne, s laganim smanjenjem na 21,43 mg/dl u fazi nakon 300 dana laktacije. Ove promjene u koncentraciji ureje odražavaju dinamiku metaboličkih prilagodbi krava kroz laktaciju. Porast ureje u početnim fazama može biti povezan s potrebom za većim unosom proteina zbog visokih zahtjeva za proizvodnju mlijeka, dok stabilizacija i blago smanjenje koncentracije ureje nakon srednje faze laktacije mogu ukazivati na smanjenje intenziteta proizvodnje mlijeka i promjene u hranidbenim potrebama krava.

Koeficijent varijabilnosti za ureju je najviši u prvih trideset dana laktacije (46,20 %), što sugerira veću individualnu varijabilnost u ovoj fazi. Ovo može biti rezultat različitih metaboličkih odgovora krava na hranidbene promjene i adaptaciju na postpartalne uvjete. S druge strane, koeficijent varijabilnosti se smanjuje do 42,46 % u 150 danu laktacije, što može ukazivati na stabilniji metabolizam proteina i manju individualnu varijabilnost u srednjim fazama laktacije.

Tablica 32. Osnovni statistički parametri dnevnog sadržaja ureje u mlijeku, dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka te emisije amonijaka po kravi prema stadiju laktacije (I, II, III, ..., XI; razred = 30 dana)

Svojstvo	N	Mean	SD	KV, %	SE	Min	Max
<b>Stadij laktacije = I (&lt; 30 dana)</b>							
<b>UREJA, mg/dl</b>	635536	20,76	9,59	46,20	0,01	0,50	60,00
<b>MUN, mg/dl</b>	635536	9,55	4,41	46,20	0,01	0,23	27,60
<b>EA, g/kravi/dan</b>	635536	73,02	22,19	30,38	0,03	26,16	163,83
<b>Stadij laktacije = II (30 – 60 dana)</b>							
<b>UREJA, mg/dl</b>	429479	21,41	9,51	44,41	0,02	0,50	60,00
<b>MUN, mg/dl</b>	429479	9,85	4,37	44,41	0,01	0,23	27,60
<b>EA, g/kravi/dan</b>	429479	74,53	22,00	29,51	0,03	26,16	163,83
<b>Stadij laktacije = III (60 – 90 dana)</b>							
<b>UREJA, mg/dl</b>	431685	22,10	9,63	43,56	0,02	0,50	60,00
<b>MUN, mg/dl</b>	431685	10,17	4,43	43,56	0,01	0,23	27,60
<b>EA, g/kravi/dan</b>	431685	76,14	22,27	29,26	0,03	26,16	163,83
<b>Stadij laktacije = IV (90 – 120 dana)</b>							
<b>UREJA, mg/dl</b>	767115	22,34	9,59	42,93	0,01	0,50	60,00
<b>MUN, mg/dl</b>	767115	10,28	4,41	42,93	0,01	0,23	27,60
<b>EA, g/kravi/dan</b>	767115	76,69	22,19	28,94	0,03	26,16	163,83
<b>Stadij laktacije = V (120 – 150 dana)</b>							
<b>UREJA, mg/dl</b>	420650	22,87	9,71	42,46	0,02	0,50	60,00
<b>MUN, mg/dl</b>	420650	10,52	4,47	42,46	0,01	0,23	27,60
<b>EA, g/kravi/dan</b>	420650	77,91	22,46	28,83	0,04	26,16	163,83
<b>Stadij laktacije = VI (150 – 180 dana)</b>							
<b>UREJA, mg/dl</b>	413609	22,83	9,70	42,49	0,02	0,50	60,00
<b>MUN, mg/dl</b>	413609	10,50	4,46	42,49	0,01	0,23	27,60
<b>EA, g/kravi/dan</b>	413609	77,82	22,44	28,84	0,04	26,16	163,83
<b>Stadij laktacije = VII (180 – 210 dana)</b>							
<b>UREJA, mg/dl</b>	405444	22,71	9,65	42,50	0,02	0,50	60,00
<b>MUN, mg/dl</b>	405444	10,45	4,44	42,50	0,01	0,23	27,60
<b>EA, g/kravi/dan</b>	405444	77,54	22,33	28,80	0,04	26,16	163,83
<b>Stadij laktacije = VIII (210 – 240 dana)</b>							

<b>UREJA, mg/dl</b>	396568	22,50	9,59	42,63	0,02	0,50	60,00
<b>MUN, mg/dl</b>	396568	10,35	4,41	42,63	0,01	0,23	27,60
<b>EA, g/kravi/dan</b>	396568	77,06	22,19	28,80	0,04	26,16	163,83
<b>Stadij laktacije = IX (240 – 270 dana)</b>							
<b>UREJA, mg/dl</b>	379763	22,25	9,50	42,67	0,02	0,50	60,00
<b>MUN, mg/dl</b>	379763	10,24	4,37	42,67	0,01	0,23	27,60
<b>EA, g/kravi/dan</b>	379763	76,49	21,97	28,73	0,04	26,16	163,83
<b>Stadij laktacije = X (270 – 300 dana)</b>							
<b>UREJA, mg/dl</b>	338400	22,02	9,47	42,98	0,02	0,50	60,00
<b>MUN, mg/dl</b>	338400	10,13	4,35	42,98	0,01	0,23	27,60
<b>EA, g/kravi/dan</b>	338400	75,95	21,90	28,83	0,04	26,16	163,83
<b>Stadij laktacije = XI (&gt; 300 dana)</b>							
<b>UREJA, mg/dl</b>	1048295	21,43	9,48	44,23	0,009	0,50	60,00
<b>MUN, mg/dl</b>	1048295	9,86	4,36	44,23	0,004	0,23	27,60
<b>EA, g/kravi/dan</b>	1048295	74,57	21,93	29,41	0,021	26,16	163,83

\* UREJA = dnevni sadržaj ureje u mlijeku (mg/dl); MUN = dnevni sadržaj dušika u ureji mlijeka (mg/dl); EA = dnevna emisija amonijaka (g/kravi/dan); N = apsolutni broj krava; Mean = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, KV = koeficijent varijabilnosti; SE = standardna pogreška; Min = minimum, Max = maksimum

Nadalje, prosječne vrijednosti dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka (MUN) također pokazuju trend rasta u početnim fazama laktacije, s 9,55 mg/dl u prvih 30 dana i postepeno povećanje do 10,52 mg/dl u V. stadiju laktacije. Nakon toga, MUN vrijednosti se stabiliziraju i blago opadaju na 9,86 mg/dl u fazi nakon 300 dana laktacije. Ove promjene usko su povezane s koncentracijom ureje, obzirom na direktnu povezanost dušika u ureji mlijeka s urejom u mlijeku. Porast MUN u srednjim fazama laktacije može ukazivati na povećanu razgradnju proteina u rumenu i veću proizvodnju ureje, koja se iz mlijeka izlučuje kao dušik u ureji mlijeka (MUN). Kao i kod ureje, koeficijent varijabilnosti MUN-a je najveći u prvih trideset dana laktacije (46,20 %), a najmanji u V. stadiju laktacije (42,46 %).

Emisija amonijaka (EA) također pokazuje uzorke promjene s povećanjem kroz različite faze laktacije. U prvih 30 dana, prosječna emisija amonijaka iznosi 73,02 g/kravi/dan, a zatim raste do 77,91 g/kravi/dan u 150 danu laktacije. Nakon toga, emisija amonijaka ostaje stabilna ili blago opada na 74,57 g/kravi/dan nakon 300 dana. Povećanje emisije amonijaka u srednjim fazama laktacije može biti rezultat povećane razgradnje proteina i visoke proizvodnje ureje.

Smanjenje emisije amonijaka u kasnijim fazama laktacije može se pripisati smanjenju proizvodnje mlijeka i promjenama u hranidbenim potrebama krava.

Koeficijent varijabilnosti za emisiju amonijaka je najviši u prvih trideset dana laktacije (30,38 %) i smanjuje se do 28,73 % u 270 danu laktacije. Ova visoka varijabilnost u početnim fazama može biti povezana s različitim metaboličkim prilagodbama i individualnim odgovorima na hranidbene uvjete u postpartalnom razdoblju.

Utvrđeni rezultati prikazani u Tablici 32. ukazuju na složenost metaboličkih prilagodbi koje krave doživljavaju kroz različite faze laktacije. Postoje značajne varijacije u koncentraciji ureje, sadržaja dušika u ureji mlijeka i emisiji amonijaka, što reflektira promjene u hranidbenim potrebama, metaboličkoj efikasnosti i intenzitetu proizvodnje mlijeka. Ovi nalazi su ključni za optimizaciju hranidbe i upravljanje mliječnim farmama, s ciljem poboljšanja proizvodnih performansi krava i smanjenja negativnog utjecaja na okoliš, kao što su emisije amonijaka.

Prilikom razvoja i odabira optimalnih statističkih modela za procjenu emisije amonijaka pojedinog grla u proizvodnji na temelju podataka redovne kontrole proizvodnosti analizirana je značajnost fiksnih utjecaja na varijabilnost dnevnog sadržaja ureje u mlijeku, dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka te dnevne emisije amonijaka po kravi u proizvodnji mlijeka. Nadalje, rezultati analize varijance utjecaja sezone odnosno procijenjene srednje vrijednosti (LsMeans) dnevnog sadržaja ureje u mlijeku, dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka te dnevne emisije amonijaka po kravi u proizvodnji mlijeka prema sezoni kontrole mliječnosti (proljeće, ljeto, jesen i zima) prikazani su u Tablici 33.

Tablica 33. Procijenjene srednje vrijednosti (Lsmeans) dnevnog sadržaja ureje u mlijeku, dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka te dnevne emisije amonijaka po kravi u proizvodnji mlijeka prema sezoni kontrole mliječnosti

Sezona	Dnevni sadržaj ureje u mlijeku, mg/dl	Dnevni sadržaj dušika u ureji mlijeka, mg/dl	Dnevna emisija amonijaka, g/kravi/dan
<b>Proljeće</b>	22,08 <sup>A</sup>	10,16 <sup>A</sup>	76,09 <sup>A</sup>
<b>Ljeto</b>	25,26 <sup>B</sup>	11,62 <sup>B</sup>	83,44 <sup>B</sup>
<b>Jesen</b>	21,73 <sup>C</sup>	10,00 <sup>C</sup>	75,28 <sup>C</sup>
<b>Zima</b>	20,45 <sup>D</sup>	9,41 <sup>D</sup>	72,32 <sup>D</sup>

\* Procijenjene srednje vrijednosti u istom stupcu označene različitim slovima razlikuju se statistički vrlo visoko značajno ( $p < 0,0001$ )



Rezultati prikazani u Tablici 33. pokazuju statistički vrlo visoko značajnu ( $< 0,0001$ ) sezonsku varijabilnost u dnevnom sadržaju ureje u mlijeku, dnevnom sadržaju dušika u ureji mlijeka i dnevnoj emisiji amonijaka po kravi. Ove varijacije imaju važnu implikaciju na proizvodnju mlijeka i ekološki aspekt stočarstva, posebno kada je riječ o emisijama amonijaka.

Najveći sadržaj ureje u mlijeku zabilježen je tijekom ljetnih mjeseci, dosežući 25,26 mg/dl, dok je najmanji sadržaj ureje izmjeren u zimskom periodu, s vrijednošću od 20,45 mg/dl. Ove razlike ukazuju na utjecaj sezonskih faktora, kao što su temperatura i dostupnost hrane, na metabolizam krava. Ljeti, više temperature i posljedična pojava toplinskog stresa te potencijalno različit sastav hrane mogu dovesti do povećanog stresa i promjena u metabolizmu, što rezultira većom razinom ureje u mlijeku. S druge strane, zima, koja karakterizira niže temperature i stabilnija hranidba, pokazuje smanjenje ovog parametra, što sugerira bolje prilagođen metabolizam proteina u tim uvjetima.

Sličan obrazac utvrđen je i kod dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka, gdje su najveće vrijednosti također zabilježene tijekom ljeta (11,62 mg/dl), dok su najniže izmjerene tijekom zime (9,41 mg/dl). Dušik u ureji mlijeka ključan je indikator metabolizma proteina te ove sezonske razlike ukazuju na varijacije u korištenju proteina kod krava, što je vjerojatno povezano s prilagodbama u hranidbi i fiziološkim odgovorima na sezonske promjene. Viša razina dušika u ureji mlijeka tijekom ljeta može biti znak povećanog raspada proteina zbog većeg stresa i toplinskog opterećenja, dok zimi niže razine sugeriraju bolju učinkovitost metabolizma proteina.

Dnevna emisija amonijaka po kravi također se značajno razlikuje ovisno o sezoni, s najvišom emisijom zabilježenom tijekom ljeta (83,44 g/kravi/dan) i najnižom tijekom zime (72,32 g/kravi/dan). Ove razlike ukazuju na povezanost između metabolizma proteina i emisija amonijaka, jer višak proteina koji se ne koristi učinkovito može dovesti do većeg oslobađanja amonijaka u okoliš. Tijekom ljeta, povećana razina ureje i dušika u ureji mlijeka može ukazivati na manje učinkovit metabolizam, što rezultira većim emisijama. S druge strane, zimski mjeseci, s nižim sadržajem ureje i dušika u ureji mlijeka, pokazuju manju emisiju amonijaka, što može biti rezultat učinkovitijeg korištenja proteina. Utvrđeni rezultati pružaju ključne informacije za upravljanje farmama tijekom različitih sezona, omogućujući bolju prilagodbu hranidbenih i okolišnih uvjeta kako bi se postigli optimalni proizvodni rezultati uz istovremeno smanjenje ekološkog otiska.

Rezultati analize varijance utjecaja regije uzgoja odnosno procijenjene srednje vrijednosti (LsMeans) dnevnog sadržaja ureje u mlijeku, dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka te dnevne emisije amonijaka po kravi u proizvodnji mlijeka prema regiji uzgoja mliječnih krava (središnja Hrvatska, istočna Hrvatska, i mediteranska Hrvatska) prikazani su u Tablici 34.

Tablica 34. Procijenjene srednje vrijednosti (LsMeans) dnevnog sadržaja ureje u mlijeku, dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka te dnevne emisije amonijaka po kravi u proizvodnji mlijeka prema regiji uzgoja mliječnih krava

Regija	Dnevni sadržaj ureje u mlijeku, mg/dl	Dnevni sadržaj dušika u ureji mlijeka, mg/dl	Dnevna emisija amonijaka, g/kravi/dan
<b>Središnja Hrvatska</b>	19,98 <sup>A</sup>	9,19 <sup>A</sup>	71,22 <sup>A</sup>
<b>Istočna Hrvatska</b>	23,10 <sup>B</sup>	10,63 <sup>B</sup>	78,46 <sup>B</sup>
<b>Mediteranska Hrvatska</b>	24,06 <sup>C</sup>	11,07 <sup>C</sup>	80,66 <sup>C</sup>

\* Procijenjene srednje vrijednosti u istom stupcu označene različitim slovima razlikuju se statistički vrlo visoko značajno ( $p < 0,0001$ )

Rezultati prikazani u Tablici 34. pokazuju statistički vrlo visoko značajno ( $< 0,0001$ ) razliku u procijenjenim srednjim vrijednostima dnevnog sadržaja ureje u mlijeku, dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka te dnevne emisije amonijaka po kravi, ovisno o regiji uzgoja mliječnih krava. Usporedbom regija – središnja, istočna i mediteranska Hrvatska – vidljive su razlike koje ukazuju na utjecaj različitih klimatskih uvjeta, upravljanja farmama i potencijalno hranidbe na ove parametre.

U središnjoj Hrvatskoj, zabilježene su najniže vrijednosti za sve analizirane parametre. Dnevni sadržaj ureje u mlijeku iznosi 19,98 mg/dl, što je značajno niže u usporedbi s ostalim regijama. Ovaj podatak može upućivati na učinkovitije korištenje proteina u hranidbi krava, što rezultira nižom razinom ureje u mlijeku. Niži sadržaj ureje često je pokazatelj optimalne hranidbe u smislu omjera energije i proteina, gdje ne dolazi do prevelikog unosa proteina ili njihovog neučinkovitog korištenja. Posljedično, u središnjoj Hrvatskoj zabilježen je i najniži dnevni sadržaj dušika u ureji mlijeka (9,19 mg/dl), što dodatno potvrđuje teoriju o boljoj metaboličkoj efikasnosti u ovoj regiji.

Ova regija također pokazuje najmanju dnevnu emisiju amonijaka po kravi (71,22 g/kravi/dan), što je od velike ekološke važnosti jer ukazuje na manje opterećenje okoliša zagađivanjem zrakom. Niža emisija amonijaka može biti povezana s optimalnijim metabolizmom dušika, gdje se manja količina pretvara u amonijak, a veći dio se koristi za rast i proizvodnju mlijeka.

S druge strane, istočna Hrvatska pokazuje značajno veće vrijednosti za sve parametre u odnosu na središnju Hrvatsku. Dnevni sadržaj ureje u mlijeku iznosi 23,10 mg/dl, dok je sadržaj dušika u ureji mlijeka 10,63 mg/dl, a dnevna emisija amonijaka 78,46 g/kravi/dan. Ovi rezultati sugeriraju veće količine proteina koje krave u istočnoj Hrvatskoj konzumiraju, no moguće je kako nisu svi proteini optimalno iskorišteni u metabolizmu, što rezultira višim razinama ureje i dušika u ureji mlijeka. Ovo može biti posljedica različitih faktora, uključujući sastav hranidbe ili upravljanje stokom. Istočna Hrvatska ima bogatu poljoprivrednu proizvodnju, no moguće je kako uvjeti na farmama i pristup izvorima stočne hrane uzrokuju određenu neefikasnost u metabolizmu dušika. Posljedično, to dovodi do veće emisije amonijaka u ovoj regiji, što može predstavljati izazov s obzirom na ekološke standarde i održivost poljoprivrede.

Najviše vrijednosti svih analiziranih parametara zabilježene su u mediteranskoj Hrvatskoj. Dnevni sadržaj ureje u mlijeku u ovoj regiji iznosi 24,06 mg/dl, dok je sadržaj dušika u ureji mlijeka 11,07 mg/dl, a dnevna emisija amonijaka 80,66 g/kravi/dan. Ovi rezultati ukazuju na najveću neučinkovitost u korištenju proteina među analiziranim regijama. Mediteranska Hrvatska ima specifične klimatske uvjete, uključujući toplije vrijeme i sušnije razdoblje, što može utjecati na dostupnost stočne hrane i kvalitetu hranidbe krava. Visoke temperature mogu dovesti do toplinskog stresa kod životinja, što dodatno otežava učinkovit metabolizam proteina. Posljedično, krave u ovoj regiji proizvode više dušika u ureji mlijeka, a veće emisije amonijaka ukazuju na lošiju pretvorbu dušika iz hrane u mlijeko. Veće emisije amonijaka (80,66 g/kravi/dan) mogu imati negativan utjecaj na okoliš, osobito u smislu kvalitete zraka, ali i doprinosti kiselim kišama i eutrofikaciji tla i vode.

Usporedba ove tri regije ukazuje na jasne razlike u efikasnosti metabolizma proteina kod mliječnih krava, što je povezano s različitim klimatskim uvjetima, načinom uzgoja i upravljanjem farmama. Središnja Hrvatska pokazuje najbolju učinkovitost u smislu nižih koncentracija ureje i dušika u ureji mlijeka, što rezultira i nižim emisijama amonijaka. Istočna i mediteranska Hrvatska, s druge strane, imaju više razine ureje i dušika u ureji mlijeka, što sugerira potrebu za poboljšanjima u hranidbi i upravljanju kako bi se smanjile emisije te povećala efikasnost proizvodnje.

Rezultati analize varijance utjecaja redosljeda laktacije odnosno procijenjene srednje vrijednosti (LsMeans) dnevnog sadržaja ureje u mlijeku, dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka te dnevne emisije amonijaka po kravi u proizvodnji mlijeka prema redosljedu laktacije (I, ..., V) prikazani su u Tablici 35.

Sukladno redosljedu laktacije krave podijeljene su u 5 razreda:

- I (prva laktacija – prvotelke),
- II (druga laktacije – krave u drugoj laktaciji),
- III (treća laktacija – krave u trećoj laktaciji),
- IV (četvrta laktacije – krave u četvrtoj laktaciji),
- V (peta i više laktacije – krave u petoj i višim laktacijama).

Tablica 35. Procijenjene srednje vrijednosti (LsMeans) dnevnog sadržaja ureje u mlijeku, dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka te dnevne emisije amonijaka po kravi u proizvodnji mlijeka prema redosljedu laktacije

Redosljed laktacije	Dnevni sadržaj ureje u mlijeku, mg/dl	Dnevni sadržaj dušika u ureji mlijeka, mg/dl	Dnevna emisija amonijaka, g/kravi/dan
I.	22,86 <sup>A</sup>	10,51 <sup>A</sup>	77,89 <sup>A</sup>
II.	23,07 <sup>B</sup>	10,61 <sup>B</sup>	78,38 <sup>B</sup>
III.	22,58 <sup>C</sup>	10,39 <sup>C</sup>	77,24 <sup>C</sup>
IV.	22,04 <sup>D</sup>	10,14 <sup>D</sup>	75,99 <sup>D</sup>
V.	21,35 <sup>E</sup>	9,82 <sup>E</sup>	74,41 <sup>E</sup>

\* Procijenjene srednje vrijednosti u istom stupcu označene različitim slovima razlikuju se statistički vrlo visoko značajno ( $p < 0,0001$ )

Rezultati prikazani u Tablici 35. prikazuju jasne i statistički vrlo visoko značajno ( $< 0,0001$ ) razlike u dnevnom sadržaju ureje, u dnevnom sadržaju dušika u ureji mlijeka te dnevnoj emisiji amonijaka ovisno o redosljedu laktacije krava. Analiza ukazuje na trend smanjenja vrijednosti svih triju parametara s povećanjem broja laktacija, što implicira promjene u metabolizmu dušika i učinkovitosti hranidbe krava tijekom različitih faza reproduktivnog života.

U prvom razredu laktacije, prvotelke imaju prosječan dnevni sadržaj ureje od 22,86 mg/dl, što je jedna od najviših zabilježenih vrijednosti. Ova grupa krava također ima dnevni sadržaj dušika u ureji mlijeka od 10,51 mg/dl te emisiju amonijaka od 77,89 g/kravi/dan. Ovi rezultati sugeriraju veće razine ureje u mlijeku kod krava u prvoj laktaciji, što može biti povezano s metaboličkim prilagodbama u ranoj fazi proizvodnje mlijeka. Prvotelke su još uvijek u procesu rasta i razvoja, što zahtijeva veći unos proteina. No, njihova metabolička sposobnost korištenja proteina nije u potpunosti optimizirana, što rezultira većom sintezom ureje i emisijom amonijaka. Visoke razine ureje mogu biti znak nedovoljno balansirane hranidbe, pri čemu dolazi do viška proteina koji se ne koriste učinkovito za sintezu mlijeka, već se eliminiraju putem ureje i amonijaka.

U drugoj laktaciji, dnevni sadržaj ureje blago se povećava na 23,07 mg/dl, dok su razine dušika u ureji mlijeka 10,61 mg/dl i emisija amonijaka 78,38 g/kravi/dan. Ovaj rezultat ukazuje na to kako su krave u drugoj laktaciji podložne sličnim metaboličkim zahtjevima kao i prvotelke, s tendencijom blagog povećanja ureje. Iako su još uvijek u relativno ranoj fazi života, krave u drugoj laktaciji možda nisu u potpunosti postigle optimalan metabolizam dušika, što može dovesti do povećanja razine ureje u mlijeku i veće emisije amonijaka.

Od treće laktacije nadalje, primjetan je stabilan pad u dnevnim vrijednostima ureje i dušika u ureji mlijeka, kao i u emisiji amonijaka. Krave u trećoj laktaciji imaju prosječnu vrijednost ureje od 22,58 mg/dl, dok je sadržaj dušika u ureji mlijeka 10,39 mg/dl i emisija amonijaka 77,24 g/kravi/dan. Ovaj pad u odnosu na prethodne laktacije može se objasniti činjenicom kako su krave u trećoj laktaciji metabolički efikasnije te su njihovi hranidbeni zahtjevi bolje usklađeni s njihovom sposobnošću iskorištavanja hranjivih tvari, uključujući proteine.

U četvrtoj laktaciji, nastavljen je trend smanjenja vrijednosti. Dnevni sadržaj ureje iznosi 22,04 mg/dl, dok su razine dušika u ureji mlijeka 10,14 mg/dl i emisija amonijaka 75,99 g/kravi/dan. Ove vrijednosti pokazuju kako s godinama laktacije metabolički procesi kod krava postaju učinkovitiji, što rezultira manjim gubicima proteina i nižim emisijama amonijaka. Krave u ovoj fazi laktacije mogu imati bolje prilagođene hranidbene režime koji omogućuju optimalno korištenje proteina iz hrane.

Najniže vrijednosti zabilježene su kod krava u petoj i višim laktacijama, gdje dnevni sadržaj ureje iznosi 21,35 mg/dl, dušika u ureji mlijeka 9,82 mg/dl te emisija amonijaka 74,41 g/kravi/dan. Utvrđeni rezultati sugeriraju kako krave u kasnijim fazama života imaju stabilniji metabolizam dušika, s nižom razinom ureje i dušika u ureji mlijeka.

Niža emisija amonijaka također ukazuje na učinkovitiju pretvorbu proteina iz hrane u mlijeko, što smanjuje potrebu za eliminacijom viška dušika putem ureje i amonijaka. Ove krave, iako starije, očigledno su razvile metaboličku efikasnost koja omogućava bolje iskorištavanje hranjivih tvari.

Zaključno, rezultati prikazani u Tablici 35. pokazuju značajan utjecaj redoslijeda laktacije na sadržaj ureje i dušika u ureji mlijeka te na emisiju amonijaka po kravi. Krave u prvim laktacijama, osobito prvotelke i krave u drugoj laktaciji, pokazuju veće vrijednosti ureje i dušika u ureji mlijeka, što može biti posljedica metaboličkih prilagodbi i većih potreba za proteinima u ranoj fazi reprodukcije. S povećanjem redoslijeda laktacije, primjetan je trend smanjenja ovih vrijednosti, što upućuje na poboljšanu metaboličku efikasnost kod starijih krava, koje bolje koriste proteine iz hrane, uz manju emisiju amonijaka. Ovi rezultati imaju važne implikacije za upravljanje hranidbom mliječnih krava u različitim fazama njihovog reproduktivnog života kako bi se optimiziralo korištenje hranjivih tvari i smanjile emisije zagađivača u okoliš.

Rezultati analize varijance utjecaja stadija laktacije odnosno procijenjene srednje vrijednosti (LsMeans) dnevnog sadržaja ureje u mlijeku, dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka te dnevne emisije amonijaka po kravi u proizvodnji mlijeka prema stadiju laktacije, pri čemu je stadij laktacije podijeljen u razrede dužine 100 dana, prikazani su u Tablici 36. Nadalje, prema stadiju laktacije krave su podijeljene u četiri razreda (I, II, III, IV):

- I. (prvih sto dana laktacije),
- II. (drugih sto dana laktacije),
- III. (trećih sto dana laktacije),
- IV. (više od tristo dana laktacije).

Tablica 36. Procijenjene srednje vrijednosti (LsMeans) dnevnog sadržaja ureje u mlijeku, dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka te dnevne emisije amonijaka po kravi u proizvodnji mlijeka prema stadiju laktacije (I, II, III, IV; razred = 100 dana)

Stadij laktacije	Dnevni sadržaj ureje u mlijeku, mg/dl	Dnevni sadržaj dušika u ureji mlijeka, mg/dl	Dnevna emisija amonijaka, g/kravi/dan
I.	21,86 <sup>A</sup>	10,06 <sup>A</sup>	75,59 <sup>A</sup>
II.	23,13 <sup>B</sup>	10,64 <sup>B</sup>	78,51 <sup>A</sup>
III.	22,44 <sup>C</sup>	10,32 <sup>C</sup>	76,93 <sup>B</sup>
IV.	21,74 <sup>D</sup>	10,00 <sup>A</sup>	75,31 <sup>C</sup>

\* Procijenjene srednje vrijednosti u istom stupcu označene različitim slovima razlikuju se statistički vrlo visoko značajno ( $p < 0.0001$ )

Rezultati prikazani u tablici 36. pokazuju kako stadij laktacije statistički vrlo visoko značajno ( $< 0,0001$ ) utječe na dnevni sadržaj ureje u mlijeku, dnevni sadržaj dušika u ureji mlijeka i emisiju amonijaka po kravi. Ovi parametri ukazuju na promjene u metaboličkim procesima kod krava u različitim fazama laktacije, što je povezano s promjenama u nutritivnim potrebama i efikasnosti iskorištavanja proteina iz hrane.

U prvih sto dana laktacije (I. stadij), dnevni sadržaj ureje u mlijeku iznosi 21,86 mg/dl, dok je emisija amonijaka 75,59 g/kravi/dan. Ove vrijednosti su nešto niže u odnosu na kasnije faze laktacije, što upućuje na mogućnost da krave u ranom stadiju laktacije učinkovitije koriste proteine iz hrane kako bi održale intenzivan metabolizam potreban za proizvodnju mlijeka. U ovom periodu, krave prolaze kroz najveće fiziološko opterećenje zbog visokih zahtjeva za proizvodnju mlijeka, stoga je potrebna optimizacija hranidbe radi održanja ravnoteže između proizvodnje mlijeka i održavanja zdravlja krava.

Tijekom drugih sto dana laktacije (II. stadij), zabilježene su najviše vrijednosti za sve parametre. Dnevni sadržaj ureje u mlijeku iznosi 23,13 mg/dl, dok je emisija amonijaka 78,51 g/kravi/dan. Ove povišene vrijednosti mogu se objasniti time što su krave u ovom periodu u fazi stabilizacije laktacije, kada je proizvodnja mlijeka još uvijek visoka, ali se povećava i potreba za unosom proteina. Povećana koncentracija ureje u mlijeku ukazuje na moguću neučinkovitost iskorištavanja proteina iz hrane, što rezultira povećanom proizvodnjom ureje i dušika u ureji mlijeka. Ovaj proces rezultira većom emisijom amonijaka, što ima negativan utjecaj na okoliš.

U trećem stadiju laktacije (trećih sto dana), dnevni sadržaj ureje u mlijeku smanjuje se na 22,44 mg/dl, dok emisija amonijaka iznosi 76,93 g/kravi/dan. Ove niže vrijednosti u odnosu na drugi stadij sugeriraju poboljšanje metaboličke efikasnosti kod krava u ovoj fazi. Kako proizvodnja mlijeka opada, smanjuju se i metabolički zahtjevi pa krave možda efikasnije koriste proteine iz hrane, što dovodi do smanjenja razine ureje u mlijeku i niže emisije amonijaka.

Kod krava u četvrtom stadiju laktacije (više od tristo dana), zabilježene su najniže vrijednosti za sve parametre: dnevni sadržaj ureje u mlijeku iznosi 21,74 mg/dl, dok je emisija amonijaka 75,31 g/kravi/dan. Ovi rezultati ukazuju na metaboličku stabilnost krava u ovoj fazi laktacije, s niskim zahtjevima za unosom proteina. Manja količina ureje u mlijeku i smanjena emisija amonijaka ukazuju kako krave u ovoj fazi koriste proteine na najefikasniji način, što dovodi do smanjenja metaboličkih gubitaka.

Utvrđeni rezultati prikazani u tablici 36. pokazuju jasan trend variranja parametara ovisno o stadiju laktacije. Najviši sadržaj ureje i emisija amonijaka zabilježeni su u srednjem stadiju laktacije (drugih sto dana), dok su niže vrijednosti prisutne na početku i kraju laktacije. Ove promjene odražavaju promjene u nutritivnim potrebama krava i efikasnosti metabolizma. Ovi rezultati ukazuju na važnost prilagodbe hranidbe krava u različitim fazama laktacije radi optimizacije uporabe hranjivih tvari, smanjenja emisija amonijaka te poboljšanja proizvodnje mlijeka na održiv način.

Rezultati analize varijance utjecaja stadija laktacije odnosno procijenjene srednje vrijednosti (LsMeans) dnevnog sadržaja ureje u mlijeku, dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka te dnevne emisije amonijaka po kravi u proizvodnji mlijeka prema stadiju laktacije, pri čemu je stadij laktacije podijeljen u razrede dužine 30 dana, prikazani su u Tablici 37. Prema stadiju laktacije krave su podijeljene u 11 razreda (I, II, III, ..., XI):

- I. (prvih trideset dana laktacije),
- II. (drugih trideset dana laktacije),
- III. (trećih trideset dana laktacije),
- XI. (više od tristo dana laktacije).



Tablica 37. Procijenjene srednje vrijednosti (LsMeans) dnevnog sadržaja ureje u mlijeku, dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka te dnevne emisije amonijaka po kravi u proizvodnji mlijeka prema stadiju laktacije (I, II, III, IV; razred = 30 dana)

Stadij laktacije	Dnevni sadržaj ureje u mlijeku, mg/dl	Dnevni sadržaj dušika u ureji mlijeka, mg/dl	Dnevna emisija amonijaka, g/kravi/dan
<b>I.</b>	21,12 <sup>A</sup>	9,71 <sup>A</sup>	73,86 <sup>A</sup>
<b>II.</b>	21,86 <sup>B</sup>	10,06 <sup>B</sup>	75,59 <sup>B</sup>
<b>III.</b>	22,60 <sup>C</sup>	10,40 <sup>C</sup>	77,29 <sup>C</sup>
<b>IV.</b>	22,66 <sup>C</sup>	10,43 <sup>C</sup>	77,44 <sup>C</sup>
<b>V.</b>	23,25 <sup>D</sup>	10,69 <sup>D</sup>	78,79 <sup>D</sup>
<b>VI.</b>	23,10 <sup>E</sup>	10,63 <sup>E</sup>	78,45 <sup>E</sup>
<b>VII.</b>	22,89 <sup>F</sup>	10,53 <sup>F</sup>	77,97 <sup>F</sup>
<b>VIII.</b>	22,62 <sup>C</sup>	10,41 <sup>C</sup>	77,34 <sup>C</sup>
<b>IX.</b>	22,36 <sup>G</sup>	10,29 <sup>G</sup>	76,74 <sup>G</sup>
<b>XI.</b>	21,74 <sup>H</sup>	10,00 <sup>H</sup>	75,30 <sup>H</sup>

\* Procijenjene srednje vrijednosti u istom stupcu označene različitim slovima razlikuju se statistički vrlo visoko značajno ( $p < 0,0001$ )

Rezultati prikazani u Tablici 37. daju detaljan uvid u značajnost utjecaja stadija laktacije ( $p < 0,0001$ ) na dnevni sadržaj ureje u mlijeku, dnevni sadržaj dušika u ureji mlijeka te dnevnu emisiju amonijaka po kravi, pri čemu je stadij laktacije podijeljen u razrede od 30 dana. Ovi rezultati omogućuju razumijevanje promjena u metaboličkim procesima i potrebama krava tijekom različitih faza laktacije, što je važno za optimizaciju hranidbe i smanjenje negativnih ekoloških utjecaja.

Tijekom prvih trideset dana laktacije (I. stadij), dnevni sadržaj ureje u mlijeku iznosi 21,12 mg/dl, a dnevna emisija amonijaka 73,86 g/kravi/dan. Ove vrijednosti su relativno niske u usporedbi s kasnijim fazama laktacije. To može biti rezultat visoke metaboličke aktivnosti potrebne za podršku početnoj proizvodnji mlijeka, gdje krave intenzivno koriste proteine za sintezu mlijeka, smanjujući time količinu neiskorištenog dušika. U ovoj fazi, pravilna hranidba je ključna za osiguranje potrebne količine proteina za optimalnu proizvodnju mlijeka, ali i za smanjenje izlučivanja viška ureje i amonijaka.

U drugom stadiju laktacije (drugi trideset dana), zabilježen je blagi porast dnevnog sadržaja ureje u mlijeku na 21,86 mg/dl i dnevne emisije amonijaka na 75,59 g/kravi/dan. Ovaj porast može ukazivati na blagi pad efikasnosti korištenja proteina. Kako se laktacija razvija, krave se suočavaju s promjenama u hranidbenim potrebama i metabolizmu, što može dovesti do povećanja koncentracije ureje u mlijeku i emisije amonijaka. Tijekom trećeg stadija laktacije (treći trideset dana), dnevni sadržaj ureje u mlijeku raste na 22,60 mg/dl, dok emisija amonijaka iznosi 77,29 g/kravi/dan. Ove vrijednosti nastavljaju rasti, što može ukazivati na dodatne promjene u metabolizmu proteina, gdje krave možda ne koriste proteine iz hrane u optimalnim količinama. Ova faza može predstavljati period kada krave zahtijevaju dodatne prilagodbe u hranidbi kako bi se optimizirala uporaba hranjivih tvari i smanjila proizvodnja viška ureje.

U četvrtom stadiju laktacije, dnevni sadržaj ureje u mlijeku iznosi 22,66 mg/dl, dok je dnevna emisija amonijaka 77,44 g/kravi/dan. Ove vrijednosti su slične onima iz prethodnog stadija, što sugerira stabilizaciju razine ureje i emisije amonijaka. Iako vrijednosti i dalje upućuju na visoke razine ureje i emisije amonijaka, stabilnost ovih parametara može ukazivati kako su krave u ovom stadiju u fazi prilagodbe na stalnu proizvodnju mlijeka i nutritivne potrebe. U petom stadiju laktacije (peti trideset dana), dnevni sadržaj ureje u mlijeku doseže 23,25 mg/dl, dok je emisija amonijaka 78,79 g/kravi/dan. Ovo povećanje može ukazivati na dodatne poteškoće u metabolizmu proteina, što je uobičajeno u fazama kada se proizvodnja mlijeka počinje smanjivati, a krave su izložene stresu ili promjenama u hranidbi. Šesti stadij laktacije pokazuje slične rezultate kao peti, s dnevnim sadržajem ureje od 23,10 mg/dl i emisijom amonijaka od 78,45 g/kravi/dan. Ove vrijednosti potvrđuju trend visoke koncentracije ureje i amonijaka, što može ukazivati na potrebu za dodatnim prilagodbama u hranidbi za poboljšanje efikasnosti iskorištavanja proteina.

U sedmom stadiju laktacije, dnevni sadržaj ureje u mlijeku je 22,89 mg/dl, a emisija amonijaka 77,97 g/kravi/dan, što predstavlja blago smanjenje u odnosu na prethodne faze. Ova smanjenja mogu odražavati prilagodbu krava na dugotrajnu proizvodnju mlijeka i promjene u hranidbenim potrebama. Osmi stadij laktacije pokazuje slične rezultate kao prethodni, s dnevnim sadržajem ureje od 22,62 mg/dl i emisijom amonijaka od 77,34 g/kravi/dan. Ova stabilnost može ukazivati na dugotrajnu fazu stabilizacije u metaboličkim procesima krava. U devetom stadiju laktacije, dnevni sadržaj ureje u mlijeku iznosi 22,36 mg/dl, a emisija amonijaka 76,74 g/kravi/dan. Ove vrijednosti su blago niže u odnosu na prethodne faze, što može ukazivati na poboljšanje efikasnosti iskorištavanja proteina.

U posljednjem stadiju laktacije (više od tristo dana, XI.), dnevni sadržaj ureje u mlijeku smanjuje se na 21,74 mg/dl, dok je emisija amonijaka 75,30 g/kravi/dan. Ovo smanjenje može biti rezultat smanjenja proizvodnje mlijeka i stabilizacije metabolizma krava, pri čemu krave efikasnije koriste proteine iz hrane, što dovodi do niže koncentracije ureje i emisije amonijaka.

Utvrđeni rezultati prikazani u Tablici 37. indiciraju kako se metabolički procesi i potreba za hranjivim tvarima mijenjaju kroz različite stadije laktacije. Tijekom ranih faza laktacije, koncentracije ureje i emisije amonijaka su relativno niske zbog visokih potreba za proteine, dok se kasnije povećavaju i stabiliziraju, ukazujući na promjene u efikasnosti iskorištavanja proteina. Ovi rezultati ističu važnost pravilnog upravljanja hranidbom kako bi se optimizirala proizvodnja mlijeka i smanjila emisija amonijaka u svim fazama laktacije.

U konačnici, prilikom razvoja i odabira optimalnih statističkih modela za procjenu emisije amonijaka pojedinog grla u proizvodnji na temelju podataka redovne kontrole proizvodnosti testirano je nekoliko statističkih modela za procjenu dnevne emisije amonijaka po kravi u proizvodnji mlijeka uvažavajući fiksne utjecaje za koje je prethodno utvrđeno kako signifikantno utječu na varijabilnost analiziranog svojstva. Fiksni utjecaji koji statistički vrlo visoko značajno ( $p < 0,0001$ ) utječu na varijabilnost dnevne količine i sastava mlijeka su: sezona kontrole mliječnosti, regija uzgoja mliječnih krava, redoslijed laktacije te stadij laktacije podijeljen u razrede dužine 100 / 30 dana. Pri komparaciji statističkih modela za procjenu emisije amonijaka pojedinog grla u proizvodnji korišteni su sljedeći parametri: stupanj slobode (df), koeficijent determinacije ( $R^2$ ), koeficijent varijabilnosti pogreške ( $KV_e$ ) i standardna devijacija pogreške ( $\sigma_e$ ). Nadalje, stupanj slobode (df), koeficijent determinacije ( $R^2$ ), koeficijent varijabilnosti pogreške ( $KV_e$ ) i standardna devijacija pogreške ( $\sigma_e$ ) testiranih statističkih modela prikazani su u tablici 38.

Tablica 38. prikazuje rezultate evaluacije statističkih modela za procjenu emisije amonijaka po kravi na temelju različitih parametara mliječnosti. Procjena emisije amonijaka je temeljena na tri nezavisne varijable: dnevna količina mlijeka, dnevni sadržaj proteina i dnevni sadržaj mliječne masti, pri čemu svaki model uključuje različite kombinacije fiksnih utjecaja: linearna regresija na nezavisnu varijablu ( $I_r$ ), stadij laktacije (dim), redoslijed laktacije (P), sezona (S), i regija (R). Analizirani su modeli A – E koji uključuju samo linearne regresije na nezavisno svojstvo (dnevna količina mlijeka, dnevni sadržaj mliječne masti, dnevni sadržaj proteina) do onih sa svim uključujućim fiksnim utjecajima (stadij i redoslijed laktacije, sezona kontrole mliječnosti te regija uzgoja mliječnih krava).

Prilikom procjene emisije amonijaka na temelju dnevne količine mlijeka, rezultati pokazuju kako dodavanje dodatnih fiksnih utjecaja poboljšava model. Model A, koji koristi samo linearnu regresiju, ima vrlo nisku vrijednost koeficijenta determinacije ( $R^2 = 0,028$ ), što sugerira kako samo linearna regresija ne objašnjava značajnu varijaciju u emisiji amonijaka. Kako se dodaju dodatni parametri (stadija laktacije (dim), redoslijed laktacije (P), sezona kontrole (S), i regija uzgoja (R)) u modele B do E, koeficijent determinacije raste, dosegnuvši 0,093 u modelu E. Ovo povećanje pokazuje kako uključivanje stadija laktacije, redoslijeda laktacije, sezone i regije poboljšava predikciju emisije amonijaka, iako je koeficijent determinacije još uvijek relativno nizak, što implicira kako značajan dio varijacije ostaje neobjašnjen. Standardna devijacija pogreške se smanjuje s dodavanjem dodatnih parametara, što ukazuje na poboljšanje u točnosti procjena. Model E daje najbolji rezultat u smislu smanjenja standardne devijacije pogreške i koeficijenta varijabilnosti pogreške, iako koeficijent varijabilnosti pogreške ostaje visoki, što pokazuje na postojanje značajne varijabilnosti koja se ne može objasniti na temelju uključenih fiksnih svojstava u statističke modele.

Tablica 38. Stupanj slobode (df), koeficijent determinacije ( $R^2$ ), koeficijent varijabilnosti pogreške ( $KV_e$ ), standardna devijacija pogreške ( $\sigma_e$ ) i regresijski koeficijent (b) statističkih modela za procjenu emisije amonijaka temeljem parametara mliječnosti

Model	df	$R^2$	$KV_e$	$\sigma_e$	b
<b>Dnevna količina mlijeka (kg)</b>					
A (lr)	1	0,028	28,755	21,803	0,382
B (lr, dim)	5	0,039	28,471	21,637	0,471
C (lr, dim, P)	9	0,043	28,416	21,595	0,468
D (lr, dim, P, S)	12	0,074	27,939	21,233	0,461
E (lr, dim, P, S, R)	14	0,093	27,663	21,023	0,392
<b>Dnevni sadržaj proteina (%)</b>					
A (lr)	1	0,002	29,226	22,174	1,985
B (lr, dim)	5	0,008	29,004	22,057	3,455
C (lr, dim, P)	9	0,013	28,941	22,009	3,297
D (lr, dim, P, S)	12	0,052	28,359	21,566	5,849
E (lr, dim, P, S, R)	14	0,078	27,964	21,267	5,520
<b>Dnevni sadržaj mliječne masti (%)</b>					
A (lr)	1	0,001	29,221	22,169	-0,200
B (lr, dim)	5	0,005	29,026	22,071	-0,016
C (lr, dim, P)	9	0,009	28,958	22,020	-0,028
D (lr, dim, P, S)	12	0,043	28,465	21,645	0,551
E (lr, dim, P, S, R)	14	0,070	28,051	21,330	0,743

Prilikom procjene emisije amonijaka na temelju dnevnog sadržaja proteina, inicijalni modeli (A i B) pokazuju nisku sposobnost objašnjavanja varijacije u emisiji amonijaka ( $R^2 = 0,002$  za model A i  $R^2 = 0,008$  za model B). Kako se dodaju dodatni parametri u modele C do E, koeficijent determinacije raste, dosegnuvši 0,078 u modelu E. Ovi rezultati ukazuju na to kako varijable poput stadija laktacije, redoslijeda laktacije, sezone i regije poboljšavaju sposobnost modela u predviđanju emisije amonijaka. Ipak, povećanje koeficijenta determinacije i dalje je nisko, što ukazuje na postojanje i drugih važnih faktora koji mogu utjecati na emisiju amonijaka. Standardna devijacija pogreške se smanjuje, a koeficijent varijabilnosti pogreške također pokazuje poboljšanje u točnosti procjena, no varijabilnost i dalje postoji.

Prilikom procjene emisije amonijaka na temelju dnevnog sadržaja mliječne masti, utvrđen je sličan obrazac. Početni modeli (A i B) imaju nisku sposobnost objašnjavanja varijacije odnosno nizak koeficijent determinacije ( $R^2 = 0,001$  za model A i  $R^2 = 0,005$  za model B), dok dodavanje dodatnih varijabli poboljšava rezultate. Model E, koji uključuje sve parametre, postiže  $R^2$  od 0,070. Ovi rezultati upućuju kako dodavanje dodatnih fiksnih utjecaja poboljšava sposobnost modela u obuhvaćanju varijacija u emisiji amonijaka, no i dalje postoji značajna količina neobjašnjene varijabilnosti. Standardna devijacija pogreške i koeficijent varijabilnosti pogreške poboljšavaju se dodavanjem dodatnih parametara, što ukazuje na veću preciznost modela, iako varijabilnost u procjenama i dalje ostaje prisutna. Utvrđeni rezultati prikazani u Tablici 38. pokazuju kako modeli s većim brojem uključenih fiksnih utjecaja bolje predviđaju emisiju amonijaka, iako koeficijent determinacije nikada ne prelazi visoke vrijednosti. To sugerira kako osim uključivanja sezone, regije, stadija i redoslijeda laktacije, postoje i drugi važni utjecaji koji bi mogli dodatno poboljšati točnost modela.

### **3.5. Razvoj i odabir optimalnih statističkih modela za procjenu utjecaja hranidbe krava odnosno kemijskog sastava pojedinih krmiva u obroku na emisiju amonijaka**

Rezultati analize varijabilnosti kemijskog sastava krmiva u obroku s četiri odabrane mliječne farme te rezultati analize povezanosti između istraživanih grupa svojstava prikazani su u prethodnim poglavljima. Nadalje, na temelju provedenih analiza utvrđena je značajna povezanost između emisije amonijaka te određenih komponenti kemijskog sastava TMR-a (total mixed ration). Prilikom razvoja i odabira optimalnih statističkih modela za procjenu utjecaja hranidbe krava odnosno kemijskog sastava pojedinih krmiva u obroku na emisiju amonijaka testirano je nekoliko statističkih modela uvažavajući fiksne utjecaje (redoslijed laktacije, sezona kontrole i farma) za koje je prethodno utvrđeno kako utječu na varijabilnost analiziranog svojstva.

Pri komparaciji statističkih modela za procjenu emisije amonijaka pojedinog grla u proizvodnji na temelju određenih komponenti kemijskog sastava TMR-a korišteni su sljedeći parametri: stupanj slobode (df), koeficijent determinacije ( $R^2$ ), koeficijent varijabilnosti pogreške ( $KV_e$ ) i standardna devijacija pogreške ( $\sigma_e$ ). Nadalje, stupanj slobode (df), koeficijent determinacije ( $R^2$ ), koeficijent varijabilnosti pogreške ( $KV_e$ ) i standardna devijacija pogreške ( $\sigma_e$ ) testiranih statističkih modela prikazani su u Tablici 39.

Nadalje, emisija amonijaka procjenjivana je na temelju četiri ključne komponente kemijskog sastava TMR-a: konzumirana suha tvar, metionin, lizin i neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom, uz dodatno uključivanje nezavisnih varijabli kao što su redoslijed laktacije, sezona i farma u statističkim modelima (A, B, C, D).

Za modeliranje emisije amonijaka na temelju konzumirane suhe tvari, model A, koji koristi samo linearnu regresiju, pokazuje vrlo nizak koeficijent determinacije ( $R^2 = 0,004$ ), što ukazuje na slab odnos između konzumirane suhe tvari i emisije amonijaka. Ova niska vrijednost sugerira kako samostalna uporaba konzumirane suhe tvari kao prediktora nije dovoljna za preciznu procjenu emisije amonijaka. Dodavanje redoslijeda laktacije u model B također ne donosi značajno poboljšanje u koeficijentu determinacije. Međutim, modeli C i D, koji uključuju dodatne varijable kao što su sezona i farma, pokazuju nešto veći koeficijent determinacije ( $R^2 = 0,043$  za model C i  $R^2 = 0,044$  za model D). Ovo ukazuje kako uključivanje sezonskih i farmi-specifičnih varijabli poboljšava sposobnost modela u objašnjenju varijacija u emisiji amonijaka. Standardna devijacija pogreške se blago smanjuje s dodatnim varijablama, što ukazuje na poboljšanje u točnosti procjena.

Tablica 39. Stupanj slobode (df), koeficijent determinacije ( $R^2$ ), koeficijent varijabilnosti pogreške ( $KV_e$ ) i standardna devijacija pogreške ( $\sigma_e$ ) i regresijski koeficijent (b) statističkih modela za procjenu emisije amonijaka temeljem parametara hranidbe

Model	df	$R^2$	$KV_e$	$\sigma_e$	b
<b>Konsumirana suha tvar (Konsumirana ST)</b>					
A (lr)	1	0,004	18,498	14,853	-0,344
B (lr, P)	6	0,010	18,447	14,812	-0,329
C (lr, P, S)	9	0,043	18,132	14,559	-0,357
D (lr, P, S, F)	12	0,044	18,126	14,554	-0,362
<b>Metionin (MET)</b>					
A (lr)	1	0,001	18,684	15,033	-0,035
B (lr, P)	6	0,009	18,606	14,971	-0,058
C (lr, P, S)	9	0,040	18,312	14,734	-0,085
D (lr, P, S, F)	12	0,043	18,287	14,714	-0,120
<b>Lizin (LYS)</b>					
A (lr)	1	0,001	18,685	15,034	0,047
B (lr, P)	6	0,008	18,613	14,976	0,018
C (lr, P, S)	9	0,038	18,325	14,745	-0,039
D (lr, P, S, F)	12	0,041	18,307	14,730	-0,027
<b>Neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom na osnovi tjelesne mase (aNDVot TM)</b>					
A (lr)	1	0,012	18,570	14,916	-16,715
B (lr, P)	6	0,017	18,520	14,875	-15,010
C (lr, P, S)	9	0,047	18,242	14,652	-13,117
D (lr, P, S, F)	12	0,051	18,206	14,623	-14,169

\* lr – linearna regresija, P – redoslijed laktacije, S – sezona, F – farma

Za modeliranje emisije amonijaka na temelju metionina, inicijalni model A pokazuje vrlo nizak koeficijent determinacije ( $R^2 = 0,001$ ), što ukazuje na vrlo slab odnos između razine metionina i emisije amonijaka. Dodavanje redoslijeda laktacije u model B donosi minimalno poboljšanje u  $R^2$ , dok modeli C i D, koji uključuju sezonske i farmi-specifične varijable, pokazuju veći koeficijent determinacije ( $R^2 = 0,040$  za model C i  $R^2 = 0,043$  za model D).



Ovo poboljšanje sugerira kako dodatne varijable mogu pomoći u boljem objašnjenju varijacije emisije amonijaka, iako standardna devijacija pogreške ostaje visoka, što ukazuje na značajnu količinu neobjašnjene varijabilnosti.

Kada se razmatra lizin kao komponenta kemijskog sastava, rezultati su slični. Model A sa samo linearnom regresijom pokazuje vrlo nizak  $R^2$  (0,001), dok model B, koji dodaje redosljed laktacije, pokazuje samo malo poboljšanje u koeficijentu determinacije. Modeli C i D, koji uključuju dodatne varijable kao što su sezona i farma, pokazuju veće koeficijente determinacije ( $R^2 = 0,038$  za model C i  $R^2 = 0,041$  za model D). Ovo ukazuje kako dodavanje više varijabli može poboljšati sposobnost modela u predviđanju emisije amonijaka, iako standardna devijacija pogreške ostaje visoka.

Za modeliranje neutralnih deterdžent vlakana determiniranih amilazom na osnovi tjelesne mase, početni model A pokazuje  $R^2$  od 0,012, što ukazuje na vrlo slab odnos između vlakana i emisije amonijaka. Međutim, dodavanje redosljeda laktacije (model B) i drugih varijabli kao što su sezona i farma (modeli C i D) donosi poboljšanja u koeficijentu determinacije. Model D, koji uključuje sve varijable, pokazuje  $R^2$  od 0,051, što sugerira kako dodatni parametri poboljšavaju sposobnost modela u objašnjavanju emisije amonijaka. Također se primjećuje smanjenje standardne devijacije pogreške s uključivanjem dodatnih varijabli, što ukazuje na poboljšanje u točnosti procjena.

Utvrđeni rezultati prikazani u Tablici 39. ukazuju kako dodavanje dodatnih varijabli u modele poboljšava sposobnost modela u obuhvaćanju varijacija u emisiji amonijaka. Iako koeficijent determinacije pokazuje poboljšanja s dodatnim varijablama, još uvijek postoji značajna količina neobjašnjene varijabilnosti, što sugerira potrebu za daljnjim istraživanjima i uključivanjem dodatnih faktora za preciznije modeliranje emisije amonijaka.

### 3.6. Izrada modela optimizacije sastavljanja obroka za mliječne krave kojima se može utjecaji na smanjenje emisije amonijaka sa farmi mliječnih krava

Optimizacija formulacije obroka za mliječne krave u svrhu smanjenja emisije amonijaka zahtijeva sveobuhvatni pristup koji uzima u obzir kompleksnu interakciju između nutritivnih parametara i drugih čimbenika koji utječu na emisiju amonijaka. Glavni cilj ovog istraživanja bio je utvrditi varijabilnost dnevne proizvodnje mlijeka, sadržaja ureje i sadržaja dušika u ureji mlijeka te procijenjene dnevne emisije amonijaka kod mliječnih krava. Na temelju rezultata, razvijeni modeli optimizacije hranidbe trebali bi omogućiti smanjenje emisije amonijaka s mliječnih farmi, što će doprinijeti ekološki i ekonomski održivoj proizvodnji mlijeka primjenom tehnologija preciznog mliječnog govedarstva.

Fenotipska analiza pokazala je kako sezona kontrole mliječnosti, regija uzgoja, stadij i redoslijed laktacije značajno utječu na količinu mlijeka te sadržaj masti i proteina. Najviša proizvodnja mlijeka zabilježena je u proljeće, dok je istočna Hrvatska imala najvišu proizvodnju. Početak laktacije i treća laktacija pokazali su vrhunac proizvodnje, dok je nakon toga produktivnost opadala. Nadalje, fenotipska analiza pokazuje kako sezona kontrole mliječnosti, regija uzgoja, stadij i redoslijed laktacije značajno utječu na dnevni sadržaj ureje u mlijeku, sadržaj dušika u ureji mlijeka i emisiju amonijaka. Dnevni sadržaj ureje u mlijeku često se povećava u ljetnim mjesecima, dok se regionalne razlike manifestiraju kroz različite razine ureje među regijama. Stadij i redoslijed laktacije također imaju utjecaj, pri čemu su početak laktacije i treća laktacija povezani s varijacijama u sadržaju ureje. Sadržaj dušika u ureji mlijeka također pokazuje sezonske i regionalne varijacije, s potrebom za prilagodbom hranidbenih strategija kako bi se optimizirale razine dušika u ureji mlijeka. Emisija amonijaka varira u skladu sa sezonskim promjenama i specifičnostima regije, a stadij i redoslijed laktacije također igraju ulogu u utjecaju na razine emisije. Intenzivnija proizvodnja mlijeka i varijacije u hranidbenim parametrima mogu pridonijeti promjenama u emisiji amonijaka.

Analiza nutritivnih parametara (Konzumirana suha tvar (Konzumirana ST), predviđeni unos suhe tvari (Predviđena ST), metabolička energija (ME) te metabolički protein (MP)) otkriva značajnu varijabilnost u unosu suhe tvari, predviđenom unosu suhe tvari, metaboličkoj energiji i metaboličkom proteinu među farmama i sezonama, što naglašava potrebu za prilagodbom hranidbenih strategija. Sezonske varijacije i razlike među farmama ističu važnost prilagodbe hranidbenih režima za optimalnu proizvodnju mlijeka i zdravlje krava.

Analiza kemijskog sastava krmiva (kalcij (Ca), fosfor (P), balans kalcija u odnosu na potrebe (Ca Balans), balans fosfora u odnosu na potrebe (P Balans)) pokazuje kako su prosječne razine kalcija i fosfora u krmivu iznad preporučenih potreba, no prisutna je značajna varijabilnost, posebno kod kalcija. Sezonske fluktuacije u koncentracijama minerala sugeriraju potrebu za prilagodbom formulacija krmiva u skladu s godišnjim dobima. Varijacije među farmama u sadržaju i balansu minerala upućuju na razlike u praksama proizvodnje krmiva, naglašavajući potrebu za standardizacijom i praćenjem radi osiguravanja optimalne nutritivne ravnoteže i zdravlja mliječnih krava.

Analiza kemijskog sastava krmiva (neutralna deterdžent vlakna (NDV); neutralna deterdžent vlakna iz voluminoznih krmiva (NDV voluminoza), neutralna deterdžent vlakna iz voluminoznih krmiva na osnovi tjelesne mase (NDV voluminoza TM), udio NDV-a iz voluminoze u ukupnom NDV-u (NDV voluminoza/ukupni NDV), neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom na osnovi tjelesne mase (aNDVot TM), eterski ekstrakt (EE), fizički efektivna vlakna (feNDV) te neutralna deterdžent vlakna determinirana (aNDV) također otkriva umjerenu varijabilnost u sirovom proteinu obroka i nerazgradivim proteinima među farmama, s izraženijim varijacijama tijekom ljeta. Bakterijski metabolički protein te esencijalne aminokiseline - metionin i lizin, također pokazuju umjerene sezonske i među-farmama varijacije. Ovi nalazi sugeriraju potrebu za prilagodbom hranidbenih strategija u skladu sa sezonskim uvjetima radi poboljšanja stabilnosti krmiva i proizvodnje mlijeka.

Korelacija između proizvodnje mlijeka i emisije amonijaka pokazuje slab odnos, što implicira kako povećanje proizvodnje mlijeka ne mora nužno biti povezano s proporcionalnim povećanjem emisije amonijaka. Vrlo slab negativan odnos između količine proizvedenog mlijeka i emisije amonijaka sugerira mogućnost kako intenzivnija proizvodnja mlijeka ne povećava ekološki otisak u obliku amonijaka. Minimalan utjecaj unosa suhe tvari i predviđenog unosa suhe tvari na emisiju amonijaka, uz zanemariv utjecaj nutritivnih parametara kao što su metabolička energija i metabolički protein, sugerira kako smanjenje emisije amonijaka može biti učinkovitije postignuto primjenom drugih metoda optimizacije, a ne isključivo prilagodbom hranidbenih parametara.

Nadalje, u analizi su korišteni različiti statistički modeli za procjenu emisije amonijaka krava u proizvodnji mlijeka, koji se razlikuju po broju i vrsti uključenih varijabli.

Model A koristi samo linearnu regresiju na temelju dnevne količine mlijeka i pokazuje vrlo nizak koeficijent determinacije ( $R^2 = 0,028$ ), što ukazuje na slabu sposobnost objašnjavanja varijabilnosti emisije amonijaka. Model B dodaje stadij laktacije, no ovaj model ne donosi značajno poboljšanje u  $R^2$  u usporedbi s modelom A. Modeli C, D i E uključuju dodatne varijable poput redoslijeda laktacije, sezone i regije, pri čemu se koeficijent determinacije postupno povećava s  $R^2$  od 0,062 u modelu C do 0,093 u modelu E. Model E, koji uključuje sve ove varijable, pokazuje najvišu sposobnost objašnjavanja varijacije emisije amonijaka. U pogledu točnosti, standardna devijacija pogreške se smanjuje kako se dodaju dodatne varijable, što sugerira poboljšanje u preciznosti modela. Međutim, koeficijent varijabilnosti pogreške ostaje visok, što ukazuje na značajnu količinu neobjašnjene varijabilnosti u emisiji amonijaka, čak i u modelima s većim brojem varijabli. Iako dodavanje više utjecaja poboljšava sposobnost modela u obuhvaćanju varijacija u emisiji amonijaka, još uvijek postoji značajna količina varijabilnosti koja ostaje neobjašnjena.

Nadalje, prilikom razvoja i odabira optimalnih statističkih modela za procjenu utjecaja hranidbe krava odnosno kemijskog sastava pojedinih krmiva u obroku na emisiju amonijaka korišteno je nekoliko modela. Za procjenu emisije amonijaka korišteni su sljedeći parametri hranidbe: konzumirana suhu tvar, metionin, lizin i neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom. Analizirani modeli koriste različite kombinacije varijabli kao što su redoslijed laktacije, sezona kontrole i farma, s ciljem razvijanja optimalnih statističkih modela za procjenu utjecaja hranidbe i kemijskog sastava krmiva na emisiju amonijaka.

Modeli koji se baziraju samo na konzumiranoj suhoj tvari, metioninu, lizin i neutralnim deterdžent vlaknima determiniranim amilazom pokazuju nisku sposobnost objašnjavanja varijabilnosti emisije amonijaka, s koeficijentima determinacije koji se kreću od vrlo niskih vrijednosti do nešto viših kada se dodaju dodatne varijable. Iako dodavanje varijabli kao što su redoslijed laktacije, sezona i farma donosi blaga poboljšanja u koeficijentu determinacije, standardna devijacija pogreške ostaje visoka u svim analiziranim modelima. Ovo ukazuje kako trenutačni modeli, iako djelomično poboljšani, ne uspijevaju u potpunosti objasniti varijabilnost emisije amonijaka.

Zaključno, iako dodavanje više varijabli u modele poboljšava njihovu sposobnost predviđanja emisije amonijaka, još uvijek postoji značajan dio neobjašnjene varijabilnosti. Ovi rezultati sugeriraju potrebu za dodatnim istraživanjima i razvojem naprednijih modela koji bi uključivali dodatne varijable i sofisticiranije statističke tehnike.

## 4. RASPRAVA

### 4.1. Analiza varijabilnosti proizvodnih karakteristika (dnevna količina te sastav mlijeka) mliječnih krava pod uzgojno selekcijskim radom

#### **Rezultati analize fenotipske varijabilnosti proizvodnih karakteristika i to dnevne količine te sastava mlijeka (dnevni sadržaj te dnevna količina mliječne masti i proteina) mliječnih krava pod uzgojno selekcijskim radom**

Rezultati prikazani u Tablici 1. pružaju važne uvide u varijabilnost proizvodnje mlijeka i njegovih glavnih sastojaka populacije mliječnih krava u Republici Hrvatskoj, što omogućava detaljniju interpretaciju faktora koji utječu na mliječnu proizvodnju. Ova varijabilnost ima ključne implikacije za selekciju, upravljanje i optimizaciju stada u cilju povećanja produktivnosti i kvalitete mliječnih proizvoda. Prosječna dnevna proizvodnja mlijeka iznosi 22,76 kg, no visoka standardna devijacija (9,76 kg) i koeficijent varijacije (42,88 %) upućuju na značajne razlike među kravama. Ove razlike mogu se pripisati kombinaciji genetskih faktora, okolišnih uvjeta i hranidbenih strategija. Ekstremne vrijednosti (od 3 kg do 100 kg) sugeriraju postojanje iznimno produktivnih jedinki unutar uzorka, što otvara mogućnosti za genetsku selekciju onih krava koje pokazuju visoki proizvodni kapacitet. Međutim, ekstremni rezultati također ukazuju na moguće prisutne faktore stresa, bolesti ili neadekvatne uvjete kod krava s nižom proizvodnjom. Zbog toga je važno proučiti vanjske čimbenike i prilagoditi uvjete upravljanja kako bi se poboljšala konzistentnost proizvodnje. S prosječnim udjelom mliječne masti od 4,17 % i relativno niskom standardnom devijacijom (0,98 %), jasno je kako je sadržaj mliječne masti stabilniji u usporedbi s ukupnom proizvodnjom mlijeka. Koeficijent varijacije od 23,44 % sugerira manju izraženost razlika u sadržaju mliječne masti među kravama, što je poželjna karakteristika s obzirom na konzistentnost kvalitete mlijeka u industrijskoj proizvodnji. Ipak, raspon sadržaja mliječne masti (od 1,50 % do 9,00 %) pokazuje postojanje ekstremnih udjela masti kod određenih krava, što može biti korisno za specifične niše proizvodnje mliječnih proizvoda, poput sireva s visokim udjelom masti. Analiza sadržaja proteina u mlijeku (3,45 % u prosjeku) pokazuje najmanju varijabilnost među ispitivanim parametrima, što potvrđuje stabilnost proteina u mlijeku s koeficijentom varijacije od 13,74 %. Ova stabilnost je izuzetno važna za mliječnu industriju jer osigurava ujednačenost sirovine za proizvodnju mliječnih proizvoda, kao što su sirevi, koji zahtijevaju točan omjer proteina za optimalne tehnološke procese.

Manja varijabilnost u sadržaju proteina upućuje kako je genetska komponenta kod ovog svojstva jače izražena, što olakšava selekcijske procese u cilju održavanja ili povećanja udjela proteina u mlijeku. Dnevna količina mliječne masti (0,94 kg) i proteina (0,77 kg) pokazuje značajnu varijabilnost, što je očekivano s obzirom na razlike u ukupnoj količini proizvedenog mlijeka. Koeficijent varijacije za DKMM iznosi 47,24 %, dok je za DKP 40,39 %, što upućuje na visoku osjetljivost ovih svojstava na vanjske čimbenike, poput hranidbe, držanja i zdravstvenog stanja. Poboljšanja u hranidbi, uz naglasak na prilagodbu obroka bogatih mastima i proteinima, mogu doprinijeti većoj uniformnosti u ovim svojstvima. Podaci jasno ukazuju na potencijal za daljnju genetsku selekciju krava s boljim proizvodnim performansama, ali i za optimizaciju upravljanja kroz prilagodbu hranidbenih strategija kako bi se smanjila varijabilnost u proizvodnji mlijeka i njegovih komponenti. Uvođenjem preciznih hranidbenih rješenja, koja bi se temeljila na individualnim potrebama krava, može se smanjiti proizvodna varijabilnost, čime bi se poboljšala ukupna učinkovitost stada. Grant (2007.) se u svojoj studiji bavi utjecajem različitih hranidbenih praksi na proizvodnju mlijeka i njegov sastav. Naglašava važnost pravilne hranidbe krava s ciljem optimizacije razine mliječne masti i proteina. Korištenje koncentrata i adekvatnih vlakana u hranidbi ima značajan utjecaj na ove parametre.

### **Rezultati analize varijabilnosti proizvodnih karakteristika i to dnevne količine te sastava mlijeka (dnevni sadržaj te dnevna količina mliječne masti i proteina) mliječnih krava pod uzgojno-seleksijskim radom prema sezoni kontrole mliječnosti**

Rezultati prikazani u Tablici 2. ukazuju na značajne sezonske varijacije u parametrima proizvodnje mlijeka, uključujući dnevnu količinu mlijeka (DKM), sadržaj mliječne masti (DSMM) i proteina (DSP), kao i količine mliječne masti (DKMM) i proteina (DKP). Ove sezonske fluktuacije jasno reflektiraju različite utjecaje okolišnih čimbenika, hranidbenih praksi, fizioloških promjena kod krava te njihovih adaptacija na promjenjive uvjete. Proljeće se ističe kao sezona s najvišom dnevnom proizvodnjom mlijeka (23,50 kg), što je vjerojatno povezano s dostupnošću svježije ispaše bogate hranjivim tvarima koja stimulira proizvodnju mlijeka. Međutim, unatoč većem volumenu mlijeka, niže vrijednosti udjela masti (4,13 %) i proteina (3,42 %) ukazuju na efekt razrjeđivanja uslijed veće proizvodnje. Iako proljeće omogućuje visoku proizvodnju mlijeka, ove sezonske karakteristike sugeriraju kako koncentracija ključnih komponenti može biti smanjena, što može biti važno za proizvođače koji se fokusiraju na proizvode s većim udjelom masti i proteina.

Ljeto pokazuje pad u količini mlijeka (22,64 kg), kao i u udjelu masti (3,98 %) i proteina (3,34 %), što je najniža sezonska vrijednost za oba parametra. To se može pripisati toplinskom stresu kojem su krave izložene u toplijim mjesecima, što utječe na smanjen unos hrane i opći metabolizam krava. Ovi rezultati sugeriraju potrebu za posebnom pažnjom tijekom ljeta, posvećenu upravljanju toplinskim stresom, uključujući osiguravanje adekvatnog hlada, vode i nutritivno bogate hrane radi održanja produktivnosti i kvalitete mlijeka. Jesen donosi najniže vrijednosti dnevne količine mlijeka (21,85 kg), ali blago povećanje u udjelu masti (4,24 %) i proteina (3,52 %). Ovo povećanje u koncentraciji masti i proteina može biti posljedica smanjenog volumena proizvodnje mlijeka, što omogućuje koncentriraniji sastav mlijeka. Iako jesenska sezona donosi manju ukupnu količinu mlijeka, ovi rezultati ukazuju kako kvaliteta mlijeka s aspekta udjela masti i proteina može biti poboljšana, što je posebno značajno za proizvodnju mliječnih proizvoda poput sireva. Zima, s prosječnom dnevnom količinom mlijeka od 23,00 kg, pokazuje stabilizaciju proizvodnje, dok su udjeli masti (4,32 %) i proteina (3,51 %) najviši među svim godišnjim dobima. Ove visoke vrijednosti mogu se povezati s kontroliranim uvjetima hranidbe, posebice uporabom koncentrata u zimskim mjesecima te s manjim stresom uslijed nižih temperatura. Zimski rezultati sugeriraju kako pravilnim upravljanjem hranidbom, krave mogu postići optimalne razine proizvodnje i kvalitete mlijeka čak i u hladnijim mjesecima. Bokharaeian i sur. (2023.) u svom radu analizirali su kako sezona, mjeseci te ostali parametri utječu na proizvodnju mlijeka, sadržaj masti i proteina te broj somatskih ćelija i bakterija na deset farmi u Iranu. Zima je pokazala najvišu proizvodnju mlijeka i najkvalitetniji sastav. Ova sezonska analiza jasno pokazuje značajan utjecaj različitih godišnjih doba na proizvodne parametre mlijeka, što zahtijeva prilagodbu strategija hranidbe i upravljanja stokom radi postizanja optimalne proizvodnje i kvalitete mlijeka. Proizvođači bi trebali uzeti u obzir sezonske fluktuacije u proizvodnji mlijeka te prilagoditi hranidbene planove, metode upravljanja toplinskim stresom i stanišne uvjete, s ciljem optimizacije proizvodnje mlijeka i njegovih sastojaka u skladu s potrebama tržišta i specifičnih mliječnih proizvoda. Hill i Wall (2015.) u svojoj studiji proučavaju kako klimatski uvjeti, uključujući sezonske promjene, utječu na proizvodnju mlijeka i sastav u umjerenim klimatskim područjima. Rezultati pokazuju kako toplinski stres tijekom ljeta značajno smanjuje proizvodnju mlijeka te varijacije u njegovom sastavu, posebno u sadržaju masti i proteina. Ove sezonske fluktuacije posebno su izražene u područjima s izraženijim klimatskim varijacijama.

### **Rezultati analize varijabilnosti proizvodnih karakteristika i to dnevne količine te sastava mlijeka (dnevni sadržaj te dnevna količina mliječne masti i proteina) mliječnih krava pod uzgojno-seleksijskim radom prema regiji uzgoja mliječnih krava**

Diskusija rezultata prikazanih u Tablici 3. otkriva značajne regionalne razlike u proizvodnim karakteristikama mliječnih krava u središnjoj, istočnoj i mediteranskoj Hrvatskoj. Središnja Hrvatska pokazuje najniže prosječne vrijednosti dnevne količine mlijeka (20,59 kg) i sadržaja mliječne masti (4,23 %) među regijama, dok je sadržaj proteina (3,44 %) stabilan s manjom varijabilnošću. Varijabilnost u količini mlijeka i masti je visoka, što može ukazivati na heterogene uvjete hranidbe. U istočnoj Hrvatskoj zapažamo viši prosječan dnevnu proizvodnju mlijeka (24,39 kg) i viši sadržaj proteina (3,46 %) u odnosu na središnju Hrvatsku, uz manju varijabilnost u sadržaju proteina. Iako je prosječan sadržaj mliječne masti (4,15 %) nešto niži, varijabilnost je slična, što može upućivati na potrebu za dodatnim optimizacijama u hranidbi. Mediteranska Hrvatska pokazuje prosječnu količinu mlijeka (23,12 kg) koja je viša nego u središnjoj, ali varijabilnost ostaje značajna. Sadržaj mliječne masti (3,89 %) i proteina (3,39 %) su nešto niži u usporedbi s drugim regijama, ali varijabilnost u količini proteina je manja. Ove razlike mogu biti posljedica specifičnih klimatskih uvjeta i sezonskih varijacija u hranidbi. Gauly i Ammer (2020.) ističu u svom radu kako klimatske promjene utječu na sustave proizvodnje mlijeka u Europi, uključujući regionalne varijacije u proizvodnji mlijeka. Navode kako se regije s ekstremnijim vremenskim uvjetima suočavaju s većim izazovima u održavanju dosljedne proizvodnje mlijeka. Slične studije u drugim zemljama također pokazuju značajne regionalne varijacije u proizvodnji mlijeka. Naprimjer, istraživanje u Francuskoj i Nizozemskoj pokazuje značajan utjecaj regionalnih faktora poput hranidbe te kvalitete stočne hrane na količinu mlijeka, što može biti analogno nalazima u Hrvatskoj (Vanlierde i sur., 2015; Boettcher i sur., 2019). Studije u SAD-u i Australiji pokazale su varijacije sadržaja mliječne masti ovisno o hranidbenim navikama i tipu stočne hrane (Moore et al., 2016; Nguyen et al., 2019). Ove varijacije su slične onima primijećenim u Hrvatskoj, gdje hranidbene navike i genetske razlike igraju ključnu ulogu. Slični trendovi su primijećeni u studijama u Švedskoj i Kanadi, gdje je stabilnost u sadržaju proteina često rezultat uniformnijih hranidbenih praksi i boljih upravljačkih metoda (Smith et al., 2020.). Različite studije sugeriraju kako količina mliječne masti može varirati ovisno o hranidbenim praksama i upravljačkim tehnikama.



## **Rezultati analize varijabilnosti proizvodnih karakteristika i to dnevne količine te sastava mlijeka (dnevni sadržaj te dnevna količina mliječne masti i proteina) mliječnih krava pod uzgojno-seleksijskim radom prema redoslijedu laktacije**

Analiza proizvodnih karakteristika mliječnih krava prema broju laktacije u Tablici 4. otkriva značajne razlike u dnevnoj količini mlijeka, sadržaju mliječne masti, sadržaju proteina te količini mliječne masti i proteina. Ovi rezultati omogućuju bolje razumijevanje kako različite faze laktacije utječu na proizvodnju mlijeka i njegove komponente. Prosječna dnevna količina mlijeka raste s brojem laktacije, dostižući vrhunac u trećoj laktaciji (24,00 kg) i potom se blago smanjuje u četvrtoj (23,15 kg) i petoj ili višim laktacijama (21,10 kg). Prvotelke (PARITY = I) pokazuju najnižu prosječnu dnevnu proizvodnju (21,67 kg) i manju varijabilnost (KV = 37,16 %) u usporedbi s kasnijim laktacijama. Ovo ukazuje kako mliječne krave ulaze u svoju punu proizvodnu sposobnost tijekom treće laktacije, dok se nakon toga može primijetiti opadanje u proizvodnji, uz povećanje varijabilnosti, osobito kod krava u petoj i višim laktacijama (KV = 46,28 %). M'hamdi i sur. (2012.) te Van i sur. (2020.) u svom istraživanju utvrdili su značajan utjecaj faze laktacije i redoslijeda laktacije na proizvodnju i sastav mlijeka te duljinu laktacije. Naglasili su važnost upravljanja tim čimbenicima za optimizaciju proizvodnje mlijeka. Vrhel i sur. (2024.) u svojoj studiji otkrili su primjetan porast proizvodnje mlijeka s redoslijedom laktacije, što ukazuje kako krave proizvode više mlijeka dok prolaze kroz uzastopne laktacije. Sadržaj mliječne masti u mlijeku pokazuje malu varijabilnost između različitih faza laktacije, s prosječnim vrijednostima od 4,17 % kod prvotelki do 4,11 % kod krava u petoj i višim laktacijama. Iako se prosječan sadržaj mliječne masti ne mijenja drastično, varijabilnost je najveća kod krava u četvrtoj laktaciji (23,88 %) i najmanja kod prvotelki (22,84 %). Ova razlika može ukazivati na različite hranidbene ili upravljačke prakse tijekom laktacija, koje utječu na proizvodnju masti. Sadržaj proteina u mlijeku pokazuje slične trendove kao i dnevna količina mlijeka, s najvišim prosječnim sadržajem proteina (3,48 %) kod drugotelki i opadanjima u kasnijim laktacijama. Najveća varijabilnost u sadržaju proteina (13,90 %) zabilježena je kod krava u trećoj laktaciji, dok je najmanja (13,42 %) kod prvotelki. Ovi rezultati sugeriraju stabilizaciju kvaliteta mlijeka nakon prve laktacije, ali i dalje može varirati značajno s brojem laktacije. Količina mliječne masti i proteina također pokazuje najviše vrijednosti u trećoj laktaciji (0,99 kg masti i 0,81 kg proteina), s postepenim opadanjem u četvrtoj i petoj laktaciji. Varijabilnost u količini mliječne masti je najveća kod krava u petoj laktaciji (51,66 %), dok je varijabilnost u količini proteina također najveća kod istih krava (44,21 %).

Ovo naglašava potrebu za posebnim upravljačkim mjerama i optimizacijom hranidbe kod krava u kasnijim fazama laktacije, kako bi se minimizirala varijabilnost i održala optimalna proizvodnja. Ovi rezultati ukazuju kako je treća laktacija najproduktivnija za mliječne krave, dok starije krave pokazuju veću varijabilnost u proizvodnim karakteristikama. Upravljanje hranidbom i zdravstvenim uvjetima postaje ključno u kasnijim laktacijama kako bi se smanjila varijabilnost i održala stabilnost u proizvodnji mlijeka i njegovih sastojaka. Razumijevanje ovih dinamika omogućuje bolje prilagođavanje strategija za optimizaciju proizvodnje mlijeka i zdravlja krava tijekom cijelog njihovog životnog ciklusa.

### **Rezultati analize varijabilnosti proizvodnih karakteristika i to dnevne količine te sastava mlijeka (dnevni sadržaj te dnevna količina mliječne masti i proteina) mliječnih krava pod uzgojno-seleksijskim radom prema stadiju laktacije**

U Tablici 5. prikazani su rezultati analize varijabilnosti proizvodnih karakteristika mliječnih krava u različitim stadijima laktacije. Rezultati pokazuju značajne promjene u dnevnoj količini mlijeka, sadržaju mliječne masti i proteina te količinama masti i proteina kako laktacija napreduje. Tijekom prvih sto dana laktacije, prosječna dnevna količina mlijeka bila je najviša (25,95 kg) s najvećim koeficijentom varijabilnosti (42,18 %), što sugerira značajnu varijabilnost u proizvodnji mlijeka. Kako laktacija napreduje, količina mlijeka se smanjuje, dosegnuvši 16,87 kg u fazi dužoj od tristo dana. Ovaj pad u proizvodnji mlijeka odražava prirodan trend smanjenja mliječne proizvodnje tijekom laktacije. Sadržaj mliječne masti pokazuje određenu varijabilnost, s najvećim koeficijentom varijabilnosti u prvih sto dana (25,88 %) i najmanjim u fazi dužoj od tristo dana (20,87 %). Iako sadržaj masti pokazuje blago povećanje u kasnijim fazama, vrijednosti ostaju relativno stabilne, što ukazuje na umjerene promjene u sastavu mlijeka. Sadržaj proteina u mlijeku raste s napredovanjem laktacije, s koeficijentom varijabilnosti koji se smanjuje s 15,12 % u prvih sto dana na 10,80 % u drugoj fazi. Ovo ukazuje na povećanje stabilnosti sadržaja proteina kako laktacija napreduje. Količina mliječne masti i proteina također opada u kasnijim fazama laktacije, s najvećim koeficijentom varijabilnosti u prvoj fazi za obje komponente. Iako ukupna količina mlijeka i sastav pokazuju određene varijacije, ovi rezultati sugeriraju kako trend opadanja u proizvodnji mlijeka ostaje dosljedan, dok se kvaliteta mlijeka, mjerena sadržajem masti i proteina, relativno stabilizira s vremenom. Općenito, rezultati sugeriraju smanjenje mliječne proizvodnje kako laktacija napreduje, dok sadržaj masti i proteina ostaje relativno stabilan uz umjerene varijacije.

S druge strane, Looper (2012.) u svom radu navodi kako je koncentracija mliječne masti i proteina najveća u ranoj i kasnoj laktaciji, a najniža tijekom najveće proizvodnje mlijeka do sredine laktacije. Također je uočio kako povećanjem količine mlijeka obično dolazi do smanjenja postotka mliječne masti i proteina. Gross i Bruckmaier (2019.) u svom radu spominju metaboličke izazove s kojima se suočavaju mliječne krave tijekom različitih faza laktacije. Naglašavaju važnost praćenja sastava mlijeka, uključujući koncentracije masti, proteina, laktoze i ureje radi procjene metaboličkog zdravlja mliječnih krava, ublažavanja metaboličkog stresa te održanja optimalnog sastava mlijeka.

### **Rezultati analize varijabilnosti proizvodnih karakteristika i to dnevne količine te sastava mlijeka (dnevni sadržaj te dnevna količina mliječne masti i proteina) mliječnih krava pod uzgojno-seleksijskim radom prema stadiju laktacije**

Rezultati prikazani u Tablici 6. pružaju uvid u varijabilnost proizvodnih karakteristika mliječnih krava tijekom različitih faza laktacije. Analizirani su prosječni dnevni podaci o količini mlijeka, sadržaju mliječne masti i proteina te količinama masti i proteina u mlijeku. U prvih trideset dana laktacije, prosječna dnevna količina mlijeka bila je 21,74 kg, s velikom standardnom devijacijom od 10,57 kg, što upućuje na značajnu varijabilnost u proizvodnji mlijeka u ovom početnom razdoblju. Kako laktacija napreduje, količina mlijeka raste do 29,23 kg u drugom tridesetodnevnom razdoblju, a potom se smanjuje do 16,87 kg u fazi dužoj od 300 dana. Ovaj trend opadanja količine mlijeka može se pripisati fiziološkim promjenama koje se javljaju kako krave ulaze u kasnije faze laktacije, kada se proizvodnja prirodno smanjuje. Varijabilnost u količini mlijeka opada kako laktacija napreduje, što ukazuje na sve stabilniju proizvodnju u kasnijim fazama. Sadržaj mliječne masti u mlijeku pokazuje relativnu stabilnost kroz laktaciju, s prosječnim vrijednostima koje variraju između 3,89 % i 4,41 %. Najveći koeficijent varijabilnosti zabilježen je u drugom tridesetodnevnom razdoblju, dok je najmanji u fazi dužoj od 300 dana. Ova stabilnost u sadržaju mliječne masti može ukazivati na dosljednost u metaboličkim procesima i kvaliteti hranidbe, dok promjene u varijabilnosti mogu reflektirati prilagodbe u hranidbenim praksama ili fiziološkim adaptacijama krava. Sadržaj proteina u mlijeku pokazuje blagi rast tijekom laktacije, s vrijednostima koje se kreću od 3,49 % u prvih trideset dana do 3,78 % u fazi dužoj od 300 dana. Ova tendencija može biti rezultat promjena u hranidbi i metabolizmu krava kroz različite faze laktacije.

Koeficijent varijabilnosti u sadržaju proteina najveći je u prvih trideset dana, što može biti povezano s varijacijama u hranidbenim potrebama i prilagodbi. U kasnijim fazama, smanjenje varijabilnosti ukazuje na stabilniji metabolizam i hranidbene uvjete.

Količina mliječne masti u mlijeku opada s napredovanjem laktacije, s prosječnim vrijednostima od 0,95 kg u prvih trideset dana do 0,74 kg u fazi dužoj od 300 dana. Ovo opadanje u količini masti je u skladu s općim smanjenjem proizvodnje mlijeka. Varijabilnost u količini masti je najveća u prvih trideset dana, dok se smanjuje u kasnijim fazama laktacije, što može sugerirati stabilniju proizvodnju masti u kasnijim fazama. Pratap i sur. (2014.) u svojoj studiji navode kako je sadržaj mliječne masti značajno viši u ranim i kasnim fazama laktacije u usporedbi sa srednjom fazom. Ovo može biti povezano s promjenama u metabolizmu i energetskim potrebama krava. Količina proteina u mlijeku također opada tijekom laktacije, s prosječnim vrijednostima koje se kreću od 0,74 kg u prvih trideset dana do 0,63 kg u fazi dužoj od 300 dana. Ovaj trend smanjenja može odražavati smanjenje ukupne proizvodnje mlijeka i promjene u hranidbenim potrebama krava. Koeficijent varijabilnosti u količini proteina najveći je u prvih trideset dana, a smanjuje se u kasnijim fazama, što ukazuje na izraženije varijacije u proizvodnji proteina u početnim fazama i njihovu stabilizaciju s vremenom. U cjelini, rezultati pokazuju značajne promjene proizvodnih karakteristika mliječnih krava kroz različite faze laktacije, s opadajućim trendovima u količini mlijeka, masti i proteina, dok se sadržaj masti i proteina relativno stabilizira. Razumijevanje ovih varijacija može pomoći u optimizaciji hranjenja i upravljanju kravama radi poboljšanja njihove proizvodnje i kvalitete mlijeka kroz cijeli period laktacije.

#### **4.2. Analiza varijabilnosti kemijskog sastava krmiva u obroku na odabranim mliječnim govedarskim farmama**

##### **Rezultati analize varijabilnosti kemijskog sastava krmiva u obroku mliječnih krava pod uzgojno selekcijskim radom**

Rezultati analize prikazani u Tablici 7. pružaju uvid u varijabilnost ključnih nutritivnih parametara u obrocima mliječnih krava na različitim farmama, što je od ključne važnosti za optimizaciju hranidbenih strategija i osiguranje optimalne proizvodnje mlijeka. Ova diskusija fokusira se na interpretaciju rezultata vezanih uz unos suhe tvari, predviđeni unos suhe tvari, metaboličku energiju i metabolički protein. Prosječan unos suhe tvari od 23,35 kg uz standardnu devijaciju od 2,87 kg i koeficijent varijabilnosti od 12,30 % ukazuje na značajnu varijabilnost u stvarnom unosu suhe tvari između krava i farmi.

Ova varijabilnost može biti rezultat različitih čimbenika, uključujući razlike u kvaliteti krmiva, metode hranjenja ili individualne preferencije krava.

Razlikovanje između minimalnih i maksimalnih vrijednosti (16,63 kg i 28,13 kg) sugerira postojanje velikih razlika u količini hrane koju krave unose, što može imati posljedice na njihovu produktivnost i zdravlje. Visok koeficijent varijabilnosti ukazuje na potrebu za usklađivanjem hranidbenih strategija kako bi se postigla dosljednost u unosu suhe tvari, što može poboljšati učinkovitost hranidbenih režima i smanjiti rizik od nutritivnih nedostataka ili nerazmjernog unošenja hrane. Prosječan predviđeni unos suhe tvari iznosi 20,76 kg, sa standardnom devijacijom od 1,98 kg i koeficijentom varijabilnosti od 9,53 %. Iako je varijabilnost manja u usporedbi sa stvarnim unosom suhe tvari, još uvijek postoji značajan raspon između minimalnih i maksimalnih vrijednosti (12,69 kg i 24,40 kg). Manji koeficijent varijabilnosti u predviđenom unosu ukazuje na relativnu stabilnost u procjenama, no ipak postoji potreba za poboljšanjem točnosti predviđanja kako bi se uskladili stvarni unos i nutritivne potrebe krava. Preciznije prognoze mogu pomoći u optimizaciji hranidbenih strategija i smanjenju razlika između predviđenog i stvarnog unosa, čime se osigurava bolja prilagodba hranidbenih potreba krava. S prosječnom vrijednošću od 101,44 MJ/kg suhe tvari, standardnom devijacijom od 4,93 MJ/kg, i koeficijentom varijabilnosti od 4,86 %, sadržaj metaboličke energije u krmivu pokazuje relativnu stabilnost. Bez obzira na prisutnost varijacija, minimalne i maksimalne vrijednosti (86,90 MJ/kg i 121,30 MJ/kg) manje su izražene nego kod unosa suhe tvari. Ova stabilnost u sadržaju metaboličke energije sugerira kako krmivo dosljedno ispunjava energetske potrebe krava, što je ključno za održavanje njihove produktivnosti i zdravlja. Međutim, potrebno je i dalje pratiti sadržaj metaboličke energije radi osiguranja optimalne energetske ravnoteže u hranidbi krava. Prosječna vrijednost metaboličkog proteina iznosi 97,63 g/kg suhe tvari uz standardnu devijaciju od 4,51 g/kg i koeficijent varijabilnosti od 4,62 %. Raspon između minimalnih i maksimalnih vrijednosti (81,60 g/kg i 109,00 g/kg) ukazuje na manju varijabilnost u usporedbi s unosom suhe tvari. Ova relativna stabilnost u količini metaboličkog proteina ukazuje na dosljednost u nutritivnom kvaliteti krmiva, što može pozitivno utjecati na proizvodnju mlijeka i zdravlje krava. Ipak, važno je nastaviti pratiti razine metaboličkog proteina kako bi se osigurala odgovarajuća hranidbena ravnoteža i zadovoljile potrebe za proteinima u hranidbi krava. Allen (2000.) u svom istraživanju pokazuje kako različite dijetne utječu na kratkoročno reguliranje unosa hrane kod mliječnih krava. Njegovi rezultati pokazuju kako povećanje energetske gustoće obroka može smanjiti unos suhe tvari, ali povećati ukupni unos energije.

Publikacija NRC-a (2001.) pruža sveobuhvatne smjernice za nutritivne potrebe mliječnih krava, uključujući zahtjeve za metaboličkom energijom i proteinima.

U publikaciji je naglašena važnost balansiranja hranidbe s ciljem optimizacije proizvodnje mlijeka te zdravlja krava. Van Amburgh i sur. (2019.) navode ažurirane smjernice korisne za formuliranje obroka. Njihova istraživanja pokazuju kako je ključna prilagodba unosa suhe tvari i metaboličke energije radi postizanja optimalnih rezultata u proizvodnji mlijeka.

### **Rezultati analize varijabilnosti sljedećih svojstava: unesene suhe tvari, predviđenog unosa suhe tvari, metaboličke energije te metaboličkog proteina u obrocima mliječnih krava na svim farmama obuhvaćenim provedenim istraživanjem prema sezoni kontrole mliječnosti**

Rezultati prikazani u Tablici 8. pružaju uvid u utjecaj sezonskih promjena na hranidbene karakteristike krmiva i hranidbene potrebe mliječnih krava. Prosječne vrijednosti unosa suhe tvari kroz različite sezone pokazale su stabilnost s vrijednostima između 23,19 kg i 23,45 kg. Međutim, varijabilnost unosa suhe tvari bila je najveća tijekom ljetne sezone (koeficijent varijabilnosti od 12,96 %) i najmanja tijekom jesenske sezone (11,93 %). Ova sezonska varijabilnost može se povezati s promjenama u kvaliteti paše, koja se mijenja s godišnjim dobima. Ljeti, visok temperaturni stres i promjene u kvaliteti paše mogu utjecati na unos hrane kod krava, što rezultira većom varijabilnošću. S druge strane, u jesenskoj sezoni, kada su temperature umjerenije i kvaliteta krmiva stabilnija, varijabilnost unosa suhe tvari se smanjuje. Ova smanjena varijabilnost može omogućiti bolje upravljanje hranidbenim režimima u jesenskim mjesecima. Prosječne vrijednosti predviđenog unosa suhe tvari kretale su se između 19,85 kg i 21,25 kg. Najveći koeficijent varijabilnosti zabilježen je tijekom ljetne sezone (11,32 %), dok je najmanji bio u proljetnoj sezoni (8,30 %). Ova varijabilnost može biti posljedica složenosti u modeliranju nutritivnih potreba koje variraju s promjenama u dostupnosti i kvaliteti krmiva tijekom različitih sezona. U ljetnim mjesecima, veće varijacije u kvaliteti paše i potrebi za prilagodbom hranidbe zbog temperaturnih uvjeta mogu smanjiti točnost predviđanja unosa suhe tvari. Nasuprot tome, proljetni uvjeti su stabilniji, što omogućuje preciznije predviđanje unosa suhe tvari i bolje planiranje hranidbenih potreba krava. Prosječne vrijednosti metaboličke energije u krmivu varirale su između 98,76 MJ/kg ST i 102,83 MJ/kg ST. Najveći koeficijent varijabilnosti zabilježen je tijekom ljetne sezone (5,87 %), dok je najmanji bio tijekom jesenske sezone (4,12 %).

Ova varijabilnost može se pripisati promjenama u kvaliteti krmiva, koja ovisi o sezonskim uvjetima rasta paše i skladištenja krmiva. Ljeti, promjene u uvjetima rasta i kvaliteti paše mogu rezultirati većom varijabilnošću u sadržaju metaboličke energije.

U jesenskoj sezoni, bolji uvjeti za skladištenje i pripremu krmiva doprinose stabilnijem sadržaju metaboličke energije. Stabilnost u jesenskoj sezoni može pomoći u osiguravanju odgovarajuće energetske ravnoteže u obrocima. Prosječne vrijednosti metaboličkog proteina kretale su se između 96,47 g/kg ST i 98,65 g/kg ST. Najveći koeficijent varijabilnosti zabilježen je tijekom proljetne sezone (4,69 %), dok je najmanji bio u jesenskoj sezoni (4,10 %). Ova sezonska varijabilnost može biti povezana s promjenama u kvaliteti paše, koja je posebno varijabilna u proljetnim mjesecima zbog različitih uvjeta rasta. Jesenska sezona donosi stabilnije uvjete za pašu i skladištenje krmiva, što dovodi do manjih varijacija u sadržaju metaboličkog proteina. Stabilnost u jesenskoj sezoni omogućava bolje upravljanje nutritivnim potrebama krava i osigurava optimalne uvjete za njihovu proizvodnju. Kadzere i sur. (2002.), West (2003.) te Koska i Salajpal (2012.) u svom istraživanju pokazali su kako visoke temperature i toplinski stres utječu na metabolizam i reprodukciju mliječnih krava. Njihovi rezultati pokazuju kako toplinski stres smanjuje unos suhe tvari i proizvodnju mlijeka te povećava potrebu za vodom. S druge strane, Rhoads i sur. (2013.) istražili su kako različite nutritivne intervencije mogu ublažiti negativne posljedice toplinskog stresa na mliječne krave. Rezultati su pokazali kako prilagodba hranidbe može pomoći u održavanju unosa suhe tvari i proizvodnje mlijeka tijekom toplinskog stresa.

**Rezultati analize varijabilnosti sljedećih svojstava: unesene količine suhe tvari, predviđenog unosa suhe tvari, metaboličke energije te metaboličkog proteina u obrocima mliječnih krava prema farmi na kojoj je provedeno istraživanje**

Diskusija rezultata analize nutritivnih parametara na različitim farmama u Tablici 9. ukazuje na značajne varijacije u unosu suhe tvari, predviđenom unosu suhe tvari, metaboličkoj energiji i metaboličkom proteinu, što može imati implikacije za hranidbu i proizvodne performanse mliječnih krava. Prosječna vrijednost unesene količine suhe tvari (Konzumirana ST) varira među farmama, pri čemu je najviša prosječna vrijednost zabilježena na Farma 2 (23,92 kg), dok je najniža vrijednost zabilježena na Farma 1 (22,66 kg). Ove razlike mogu biti rezultat različitih strategija hranjenja i kvalitete krmiva. Standardne devijacije su također različite, što ukazuje na različite stupnjeve varijabilnosti u unosu suhe tvari među farmama.

Najveći koeficijent varijabilnosti bio je na Farma 3 (13,01 %), što sugerira veću nestabilnost u unosu suhe tvari, dok je najmanji koeficijent varijabilnosti bio na Farma 4 (11,69 %), što može ukazivati na stabilniji unos suhe tvari. Predviđeni unos suhe tvari (Predviđena ST) pokazuje slične obrasce varijacije.

Farma 2 imala je najviši koeficijent varijabilnosti (10,14 %), dok je na Farma 4 bio najniži (7,42 %). Ove razlike u koeficijentima varijabilnosti mogu biti posljedica razlika u metodama predviđanja i prilagodbi obroka, što može utjecati na točnost procjena unosa suhe tvari. Metabolička energija (ME) također pokazuje značajne varijacije među farmama. Farma 4 imala je najvišu prosječnu vrijednost (103,14 MJ/kg ST), dok je farmi Farma 3 bila najniža (99,06 MJ/kg ST). Standardne devijacije i koeficijent varijabilnosti pokazuju kako su najveće varijacije u metaboličkoj energiji zabilježene na Farma 4 (5,87 %), dok je najniža varijabilnost bila na Farma 1 (4,59 %). Ove varijacije mogu odražavati razlike u kvaliteti krmiva i nutritivnim praksama između farmi, što može imati utjecaj na energetska učinkovitost i zdravlje životinja. Što se tiče metaboličkog proteina (MP), najviša prosječna vrijednost zabilježena je na Farma 2 (98,81 g/kg ST), dok je najniža bila na Farma 3 (95,04 g/kg ST). Koeficijent varijabilnosti je najviši na Farma 4 (4,54 %), dok je najniži bio na Farma 3 (4,07 %). Ove razlike mogu ukazivati na varijacije u kvaliteti proteina u krmivu i različite metode hranjenja. Prema Rayburnu (2022.), unos suhe tvari (DMI), metabolička energija (ME) i metabolički protein (MP) snažno ovise o čimbenicima poput uvjeta na farmi, kvalitete krme i načina upravljanja stokom. Razlike između farmi mogu značajno utjecati na ove parametre zbog varijacija u kvaliteti hrane, pašnjacima i hranidbenim strategijama. Primjerice, visokokvalitetna krma s niskim udjelom neutralnih deterdžentskih vlakana (NDV) poboljšava DMI i ME, što dovodi do boljih proizvodnih rezultata. Nasuprot tome, viši udio NDV-a može smanjiti DMI i smanjiti učinkovitost hrane, jer goveda trebaju više energije za probavu vlaknaste hrane. Hristov i Giallongo (2023.) navode kako obroci s niskim udjelom proteina, uz pravilno upravljanje, mogu održati visoku energetska učinkovitost bez značajnog smanjenja proizvodnje mlijeka ili rasta životinja. Ključno je postići ravnotežu između energije i proteina radi osiguranja zdravlja i produktivnosti goveda u različitim uvjetima uzgoja.



**Rezultati analize varijabilnosti sljedećih svojstava vezanih uz kemijski sastav krmiva: proizvedeno mlijeko; procjena proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličke energije; procjena proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličkog proteina; količina suhe tvari za kg mlijeka na osnovi metaboličke energije; količina suhe tvari za kg mlijeka na osnovi metaboličkog proteina u obrocima mliječnih krava na svim farmama obuhvaćenim provedenim istraživanjem**

U Tablici 10. prikazani su rezultati analize varijabilnosti kemijskog sastava krvi u odnosu na proizvodnju mlijeka i nutritivne parametre pruža uvid u kompleksnost faktora koji utječu na proizvodnju mlijeka i potrebu za prilagodbom hranidbenih strategija na farmama. Prosječna količina proizvedenog mlijeka iznosila je 32,15 kg, s velikim rasponom od 15,00 kg do 42,00 kg. Ova varijabilnost, s koeficijentom varijabilnosti od 23,11 %, ukazuje na značajne razlike u proizvodnji mlijeka među farmama. Ove razlike mogu biti rezultat različitih čimbenika kao što su razlike u genetskom potencijalu krava, kvaliteti i vrsti krmiva, uvjetima držanja te farmama. Visoki koeficijent varijabilnosti također sugerira kako su farmama potrebne prilagodbe u hranidbenim strategijama radi optimizacije proizvodnje mlijeka i smanjenja varijabilnosti. Predikcija proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličke energije (ME PKM) pokazuje prosječnu vrijednost od 32,62 kg s koeficijentom varijabilnosti od 26,09 %. Ova vrijednost i varijabilnost su slični onima zapaženima u stvarnoj proizvodnji mlijeka, ali s nešto većim koeficijentom varijabilnosti. To može ukazivati na nesklad između metodologije predikcije na osnovi metaboličke energije i stvarnih uvjeta na farmama, što je vjerojatno rezultat nepreciznosti u procjeni energetske potrebe za proizvodnju mlijeka ili varijacija u kvaliteti hranidbe. Prosječna predikcija proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličkog proteina (MP PKM) iznosi 31,06 kg, uz koeficijent varijabilnosti od 25,81 %. Kao i kod predikcije na osnovi metaboličke energije, ovaj koeficijent varijabilnosti ukazuje na značajne razlike u predviđanjima između farmi. Ovaj rezultat može ukazivati na potrebu za boljim razumijevanjem kako sadržaj metaboličkog proteina u hrani utječe na proizvodnju mlijeka i kako se ovaj učinak može bolje predvidjeti i prilagoditi. Količina suhe tvari za kilogram mlijeka na osnovi metaboličke energije (ME PKM/ST) imala je prosječnu vrijednost od 1,38 kg, s koeficijentom varijabilnosti od 16,12 %. Ova varijabilnost ukazuje na umjerene razlike u količini suhe tvari potrebne za proizvodnju jedinice mlijeka. Ovi podaci mogu pomoći u optimizaciji formulacija krmiva kako bi se poboljšala učinkovitost konverzije hrane u mlijeko. Prosječna količina suhe tvari za kilogram mlijeka na osnovi metaboličkog proteina (MP PKM/ST) bila je 1,31 kg, s koeficijentom varijabilnosti od 16,44 %.

Sličan koeficijent varijabilnosti u usporedbi s količinom suhe tvari na osnovi metaboličke energije ukazuje na dosljednost u procjeni suhe tvari potrebne za proizvodnju mlijeka, ali i dalje ukazuje na potrebu za daljnjim istraživanjima kako bi se razumjeli čimbenici koji uzrokuju varijacije. Rayburn (2022.) ističe kako čimbenici poput kvalitete krmiva i sadržaja neutralnih deterđentskih vlakana (NDV) značajno utječu na unos suhe tvari (DMI), proizvodnju mlijeka te učinkovitost iskorištavanja metaboličke energije (ME) i proteina (MP). Visoke razine NDV-a smanjuju probavljivost i unos energije, dok niže razine poboljšavaju oba aspekta. Raspoloživost i kvaliteta ispaše također utječu na DMI i proizvodne rezultate. Optimalna ravnoteža između energije i proteina u hranidbi ključna je za maksimizaciju proizvodnje mlijeka.

**Rezultati analize varijabilnosti sljedećih svojstava vezanih uz kemijski sastav krmiva: proizvedeno mlijeko; procjena proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličke energije; procjena proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličkog proteina; količina suhe tvari za kg mlijeka na osnovi metaboličke energije; količina suhe tvari za kg mlijeka na osnovi metaboličkog proteina u obrocima mliječnih krava na svim farmama obuhvaćenim provedenim istraživanjem prema sezoni kontrole mliječnosti**

Analiza sezonskih varijacija u proizvodnji mlijeka i nutritivnim parametrima iz Tablice 11. pokazuje značajne razlike u različitim godišnjim dobima, što može imati važne posljedice za upravljanje hranidbenim strategijama na farmama. Prosječna količina proizvedenog mlijeka ne pokazuje drastične sezonske promjene, s vrijednostima koje su se kretale između 31,69 kg i 32,49 kg. Iako su minimalne i maksimalne vrijednosti ostale slične kroz sve sezonske periode, koeficijent varijabilnosti bio je najviši ljeti (24,51 %) i najniži u proljeće (22,03 %). Veća varijabilnost ljeti može biti rezultat utjecaja ljetne vrućine na hranidbene navike i proizvodnju mlijeka krava, dok stabilniji uvjeti u proljeće mogu pridonijeti manjoj varijabilnosti. Predikcija proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličke energije pokazuje značajnu varijabilnost tijekom ljeta s koeficijentom varijabilnosti od 28,32 %, dok je najmanji koeficijent zabilježen zimi (25,01 %). Ove varijacije mogu ukazivati na promjene u dostupnosti ili kvaliteti hrane koja utječe na energetska vrijednost obroka. Ljeti, promjene u hranidbenim navikama zbog visokih temperatura mogu rezultirati nižom energetska učinkovitosti, što povećava varijabilnost u procjenama proizvodnje mlijeka. Prosječne vrijednosti predikcije proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličkog proteina su relativno stabilne s manjim sezonskim varijacijama. Međutim, koeficijent varijabilnosti je bio najviši ljeti (26,94 %) i najniži u jesen (24,99 %).

Ove varijacije ukazuju na moguće promjene u kvaliteti proteina u hrani koja se koristi za hranidbu krava, posebno u ljetnim mjesecima kada može doći do promjena u hranidbenim izvorima. Prosječna količina suhe tvari po kilogramu mlijeka na osnovi metaboličke energije varira kroz godišnja doba, s najvećim koeficijentom varijabilnosti zabilježenim ljeti (17,54 %) i najmanjim u proljeće (15,22 %). Ove promjene mogu biti posljedica sezonskih varijacija u sastavu hranidbe i njezine energetske gustoće. Slične sezonske varijacije u količini suhe tvari po kilogramu mlijeka na osnovi metaboličkog proteina pokazuju prosječne vrijednosti koje su najviše u jesen (1,34) i najniže ljeti (1,27). Koeficijent varijabilnosti bio je najviši ljeti (16,69 %) i najniži u proljeće (16,28 %). Ove varijacije mogu ukazivati na promjene u kvaliteti proteina u hrani koja se koristi za hranidbu krava, što može utjecati na količinu suhe tvari koju krave trebaju za proizvodnju mlijeka. Perez-Guerra i sur. (2023.) te Brahmi i sur. (2024.) istraživali su sezonske varijacije u proizvodnji mlijeka, posebno u kontekstu predviđanja metaboličke energije (ME) i proteina (MP). Rezultati tih istraživanja pokazuju kako klimatski čimbenici, poput temperature i padalina, značajno utječu na proizvodnju mlijeka i unos suhe tvari (DMI). Na primjer, tijekom razdoblja toplinskog stresa, koji je čest u ljetnim mjesecima, učinkovitost pretvorbe energije može opasti zbog smanjenog unosa DMI-a, što rezultira smanjenjem proizvodnje mlijeka.

**Rezultati analize varijabilnosti sljedećih svojstava vezanih uz kemijski sastav krmiva: proizvedeno mlijeko; procjena proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličke energije; procjena proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličkog proteina; količina suhe tvari za kg mlijeka na osnovi metaboličke energije; količina suhe tvari za kg mlijeka na osnovi metaboličkog proteina u obrocima mliječnih krava prema farmi na kojoj je provedeno istraživanje**

Rezultati analize varijabilnosti kemijskog sastava mlijeka na različitim farmama iz Tablice 12. ukazuju na značajne razlike u proizvodnji mlijeka i nutritivnim parametrima, što može imati implikacije za upravljanje hranidbom i optimizaciju proizvodnje. Na Farma 1 prosječna količina proizvedenog mlijeka bila je 30,76 kg, s relativno velikom standardnom devijacijom od 7,90 kg, što ukazuje na značajnu varijabilnost u proizvodnji. Koeficijent varijabilnosti na Farma 1 iznosio je 25,75 %, što je srednje visok rezultat među farmama, sugerirajući postojanje umjerene neusklađenosti u proizvodnji mlijeka na ovoj farmi. Farma 2, s prosječnom proizvodnjom mlijeka od 33,48 kg i standardnom devijacijom od 7,05 kg, pokazuje najmanju varijabilnost u proizvodnji mlijeka s koeficijentom varijabilnosti od 21,07 %.

Ovo sugerira održavanje relativno stabilne proizvodnje mlijeka na Farma 2, što može ukazivati na uspješno upravljanje hranidbom i uvjetima za mliječne krave. S druge strane, Farma 3 pokazuje najviši koeficijent varijabilnosti u proizvodnji mlijeka s 26,20 %, uz prosječnu vrijednost od 30,14 kg i standardnu devijaciju od 7,90 kg. Ova visoka varijabilnost može ukazivati na poteškoće u postizanju konzistentne proizvodnje mlijeka, što može biti rezultat varijacija u hranidbenim strategijama ili promjenama u uvjetima na farmi. Farma 4 s prosječnom proizvodnjom mlijeka od 31,33 kg i standardnom devijacijom od 7,18 kg, ima koeficijent varijabilnosti od 22,91 %, što je bolje od farme Farma 3, ali ne tako stabilno kao Farma 2. Ova varijabilnost može također odražavati specifične izazove s kojima se suočava Farma 4. U pogledu predikcije proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličke energije, Farma 2 pokazuje najvišu prosječnu vrijednost (33,76 kg) uz najveći koeficijent varijabilnosti od 30,49 %. Ova visoka varijabilnost može ukazivati na promjene u hranidbenim praksama ili specifične uvjete koji utječu na proizvodnju mlijeka. Farma 3, s prosječnom vrijednošću predikcije od 29,84 kg i koeficijentom varijabilnosti od 30,49 %, pokazuje sličnu visoku varijabilnost, što može ukazivati na potrebu za poboljšanjem strategija hranjenja. Kada se razmatra predikcija proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličkog proteina, Farma 2 ponovo pokazuje najbolju stabilnost s prosječnom vrijednošću od 33,00 kg i koeficijentom varijabilnosti od 24,05 %. Nasuprot tome, Farma 3 ima najviši koeficijent varijabilnosti od 29,77 % uz nižu prosječnu vrijednost od 27,84 kg, što može ukazivati na potrebu za prilagodbom hranidbenih strategija za poboljšanje stabilnosti proizvodnje. Analizom količine suhe tvari po kilogramu mlijeka na osnovi metaboličke energije, Farma 2 pokazuje najbolji koeficijent varijabilnosti od 15,46 % uz prosječnu vrijednost od 1,40. Ovo sugerira održavanje relativno dosljedne kvalitete mlijeka u odnosu na količinu suhe tvari na Farma 2. Nasuprot tome, Farma 3 ima najviši koeficijent varijabilnosti od 18,72 %, što ukazuje na varijacije u kvaliteti mlijeka, što može biti povezano s promjenama u hranidbenim uvjetima ili praksama. Na kraju, u vezi s količinom suhe tvari po kilogramu mlijeka na osnovi metaboličkog proteina, Farma 2 pokazuje najbolji koeficijent varijabilnosti od 14,98 % uz prosječnu vrijednost od 1,36. Ovo sugerira uspješno usklađivanje hranidbenih strategija s potrebama krava na Farma 2, dok Farma 3 pokazuje najveću varijabilnost s koeficijentom od 18,03 %, što ukazuje na potrebu za poboljšanjem u upravljanju hranidbenim praksama. Hodge i Cooper (2017.) istražili su utjecaj praksi upravljanja mliječnim farmama na proizvodnju i kvalitetu mlijeka. Na farmama su različite strategije hranjenja te njihovi učinci na proizvodnju i kvalitetu mlijeka.

Također različiti tipovi držanja (npr. staje sa slobodnim načinom držanja u odnosu na staje s vezanim načinom držanja) mogu utjecati na udobnost krava i proizvodnju mlijeka. Napredak u tehnologiji mužnje, kao što su automatski sustavi za mužnju, može utjecati na učinkovitost i kvalitetu mlijeka. Učinkovite prakse upravljanja mogle bi poboljšati točnost predviđanja mlijeka na temelju metaboličke energije i proteina optimiziranjem zdravlja i hranidbe krava. Prakse upravljanja također mogu utjecati na učinkovitost DMI, što zauzvrat utječe na proizvodnju i kvalitetu mlijeka. Smith i Ellis (2015.) istražili kako metabolička energija utječe na proizvodnju i sastav mlijeka u mliječnim krava. Ispitali su kako različite razine metaboličke energije u hranidbi utječu na količinu proizvedenog mlijeka. Veća metabolička energija potencijalno može dovesti do povećanja proizvodnje mlijeka ako su energetske zahtjevi krava adekvatno zadovoljeni. Metabolička energija također utječe na sastav mlijeka. Veća metabolička energija može poboljšati sadržaj mliječnih proteina, što dovodi do bolje hranidbene kvalitete. Razumijevanje odnosa između metaboličke energije i proizvodnje mlijeka pomaže u procjeni točnosti predviđanja proizvodnje mlijeka u odnosu na stvarnu proizvodnju mlijeka.

**Rezultati analize varijabilnosti sljedećih svojstava kemijskog sastava krmiva: kalcij; fosfor; balans kalcija u odnosu na potrebe, višak u gramima (g/dan); balans fosfora u odnosu na potrebe, višak u gramima (g/dan) u obrocima mliječnih krava na svim farmama obuhvaćenim provedenim istraživanjem**

Diskusija rezultata analize varijabilnosti kemijskog sastava krmiva iz Tablice 13., uključujući kalcij, fosfor te balans ovih minerala u odnosu na potrebe mliječnih krava, otkriva nekoliko ključnih nalaza koji imaju značajne implikacije za hranidbene strategije na farmama. Prosječna vrijednost kalcija u krmivu iznosi 145,88 %, što ukazuje na veću količinu kalcija u prosjeku od preporučenih potreba. Iako to može pomoći u osiguravanju dovoljno kalcija za krave, visoka standardna devijacija od 23,14 % ukazuje na značajnu varijabilnost u sadržaju kalcija među različitim uzorcima krmiva. Minimalne i maksimalne vrijednosti (91,00 % i 198,00 %) pokazuju postojanje širokog raspona u količinama kalcija, što može biti rezultat različitih izvora kalcija ili varijacija u formulaciji krmiva. Koeficijent varijabilnosti od 15,86 % ukazuje na umjerenu varijabilnost, što može biti razlog za potrebu za standardizacijom ili kontrolom u proizvodnji krmiva kako bi se smanjile ove fluktuacije. S druge strane, prosječna vrijednost fosfora u krmivu je 123,30 %, što također sugerira kako je fosfor u prosjeku iznad preporučenih razina.

Standardna devijacija od 9,63 % je niža u usporedbi s kalcijem, što ukazuje na manju varijabilnost u sadržaju fosfora među uzorcima krmiva. Raspon fosfora (97,00 % do 161,00 %) je manji nego kod kalcija, a koeficijent varijabilnosti od 7,81 % potvrđuje stabilnost u sadržaju fosfora. Ova stabilnost može olakšati usklađivanje potrebnih količina fosfora i olakšati upravljanje hranidbenim strategijama. Balans kalcija u odnosu na potrebe (Ca Balans) pokazuje prosječni višak od 28,61 g/dan, što ukazuje kako krmivo u prosjeku nudi više kalcija nego što je potrebno. Visoka standardna devijacija od 14,61 g/dan, s velikim rasponom od -0,40 do 62,90 g/dan, sugerira postojanje velike varijabilnosti u balansu kalcija. Koeficijent varijabilnosti od 51,09 % ukazuje na značajnu varijabilnost u pružanju kalcija, što može imati posljedice za zdravlje životinja i potrebu za pažljivim nadzorom radi izbjegavanja potencijalnih problema poput hiperparatireoidizma ili drugih poremećaja povezanih s prekomjernim unosom kalcija. Slično tome, prosječni balans fosfora u odnosu na potrebe iznosi 12,28 g/dan, što također sugerira višak fosfora. Iako standardna devijacija od 5,05 g/dan pokazuje manju varijabilnost u odnosu na kalcij, raspon od -1,10 do 32,70 g/dan ukazuje na znatne fluktuacije. Koeficijent varijabilnosti od 41,14 % ukazuje na značajnu varijabilnost u balansu fosfora, što može rezultirati problemima poput prekomjernog fosfora u hranidbi, što može dovesti do smanjenog unosa drugih minerala i zdravstvenih problema poput urolitijaze. Istraživanje Herringa i Underwooda (2007.) analizira značaj fosfora u hranidbi mliječnih goveda, njegovu ravnotežu i utjecaj na produktivnost. Fosfor je ključan za energetski metabolizam i zdravlje kostiju, stoga nedostatak ili suvišak fosfora može negativno utjecati na proizvodnju mlijeka i zdravlje krava. Odgovarajuća ravnoteža fosfora u hranidbi ključna je za sprječavanje nedostataka ili viška fosfora, koji mogu izazvati zdravstvene probleme i smanjiti produktivnost. Mills i Whelan, J. (2010.) u pregledu raspravljaju o interakcijama između kalcija i fosfora u hrani za mliječne krave. Kalcij i fosfor međusobno djeluju na načine koji mogu međusobno utjecati na apsorpciju i metabolizam. Neravnoteža može dovesti do raznih zdravstvenih problema, uključujući poremećaje kostiju i probleme s metabolizmom. Održavanje optimalnog omjera između kalcija i fosfora u hrani ključno je za sprječavanje nedostataka i osiguravanje općeg zdravlja krava.

**Rezultati analize varijabilnosti sljedećih svojstava kemijskog sastava krmiva: kalcij; fosfor, balans kalcija u odnosu na potrebe, višak u gramima; balans fosfora u odnosu na potrebe, višak u gramima u obrocima mliječnih krava na svim farmama obuhvaćenim provedenim istraživanjem prema sezoni kontrole mliječnosti**

Diskusija rezultata prikazanih u Tablici 14. otkriva značajne sezonske varijacije u kemijskom sastavu krmiva, što može imati važne posljedice za hranidbene strategije i upravljanje hranidbom mliječnih krava. Prosječna koncentracija kalcija pokazuje značajne sezonske fluktuacije. U proljeće, koncentracija kalcija iznosi 146,37 %, što ukazuje na relativno visok sadržaj ovog minerala u krmivu. Ljeti se koncentracija smanjuje na 136,45 %, dok se u jesen blago povećava na 139,42 %. Zimi, koncentracija kalcija doseže najvišu vrijednost od 156,88 %. Ove sezonske varijacije mogu biti rezultat promjena u dostupnosti sirovina i formulaciji krmiva. Povećanje koncentracije kalcija zimi može biti povezano s dodatnim dodacima u krmivu kako bi se nadoknadili veći gubici kalcija zbog hladnijih uvjeta i smanjene dostupnosti krmiva na paši. Također, veća varijabilnost koncentracije kalcija tijekom ljeta može ukazivati na promjene u hranidbenim izvorima i njihovu kvalitetu. Koncentracija fosfora također pokazuje sezonske varijacije, ali s manjom amplitudom u usporedbi s kalcijem. U proljeće, prosječna vrijednost fosfora je 126,05 %, dok ljeti opada na 120,82 %. U jesen, vrijednost raste na 123,72 %, dok zimi iznosi 122,76 %. Manja varijabilnost fosfora, s koeficijentom varijabilnosti koji je najniži tijekom zime, sugerira stabilniji sadržaj fosfora u krmivu nego kod kalcija. To može biti rezultat dosljednijeg nadzora i kontroliranja razine fosfora u formulaciji krmiva, čime se osigurava uravnoteženost potrebna za optimalan rast i proizvodnju. Balans kalcija u odnosu na potrebe pokazuje značajnu sezonsku varijabilnost. U proljeće, prosječni višak kalcija iznosi 30,06 g/dan, dok ljeti opada na 23,50 g/dan i dodatno smanjuje u jesen na 23,13 g/dan. Zimi, višak kalcija raste na 34,39 g/dan. Veliki koeficijent varijabilnosti u proljeće i ljeto sugerira postojanje značajnih promjena u hranidbenim strategijama ili kvaliteti krmiva. Veći višak kalcija zimi može biti rezultat prilagodbe u hranidbi kako bi se zadovoljile povećane potrebe krava uslijed hladnijih uvjeta. Varijabilnost može također ukazivati na potrebu za pažljivim praćenjem i prilagodbom hranidbenih preporuka radi održavanja ravnoteže kalcija tijekom različitih sezona. Balans fosfora u odnosu na potrebe pokazuje sličnu sezonsku varijabilnost. U proljeće, prosječni višak fosfora je 13,00 g/dan, dok ljeti opada na 11,62 g/dan, a u jesen i zimi se stabilizira na približno 12,20 g/dan i 12,27 g/dan.

Najveći koeficijent varijabilnosti u proljeće ukazuje na veću promjenjivost u razinama fosfora, dok je zimi varijabilnost manja, što može biti povezano s boljim upravljanjem formulacijom krmiva i dosljednijim nadzorom. Cote i Varga (2001.) analizirali su sezonske varijacije u ravnoteži kalcija i fosfora kod mliječnih krava. Razine kalcija i fosfora mogu se značajno mijenjati ovisno o sezoni, s različitim potrebama i apsorpcijom minerala tijekom ljeta i zime. Prilagodba hranidbe prema sezonskim promjenama može poboljšati ravnotežu minerala i zdravlje krava. Roffler i Garrett (2006.) te Whitaker i White (2012.) također su utvrdili kako sezonske promjene utječu na hranidbene potrebe i ravnotežu minerala zbog promjena u kvaliteti krmiva i uvjetima okoliša. Preporučili su prilagodbu hranidbe radi osiguranja optimalne ravnoteže minerala tijekom cijele godine.

**Rezultati analize varijabilnosti sljedećih svojstava kemijskog sastava krmiva: kalcij; fosfor; balans kalcija u odnosu na potrebe, višak u gramima; balans fosfora u odnosu na potrebe, višak u gramima u obrocima mliječnih krava prema farmi na kojoj je provedeno istraživanje**

Analiza varijabilnosti kemijskog sastava krmiva na različitim farmama iz Tablice 15. otkriva značajne razlike u sadržaju kalcija, fosfora i balansu ovih minerala u obrocima mliječnih krava, što može imati važne posljedice za hranidbene strategije i nutritivne potrebe stoke. Prosječne vrijednosti sadržaja kalcija u krmivu značajno variraju među farmama.

Farma 2 pokazuje najviši prosjek s vrijednošću od 151,24 %, dok Farma 3 ima najnižu prosječnu vrijednost od 135,76 %. Ove varijacije mogu biti rezultat različitih formulacija krmiva ili izvora sirovina koje se koriste na svakoj farmi. Najveći koeficijent varijabilnosti kod farme Farma 4 (16,16 %) sugerira postojanje značajnih promjena u sadržaju kalcija, što može ukazivati na neregularnost u kvaliteti ili dosljednosti korištenih sastojaka. S druge strane, Farma 3 ima najmanju varijabilnost (11,76 %), što može biti rezultat stabilnijih izvora kalcija ili bolje kontrole kvalitete krmiva. Slične varijacije nalazimo u sadržaju fosfora. Farma 2 ima najnižu prosječnu vrijednost fosfora (122,42 %) uz najmanji koeficijent varijabilnosti (6,03 %), što sugerira stabilan i dosljedan sastav fosfora u krmivu. Nasuprot tome, Farma 1 ima najvišu prosječnu vrijednost fosfora (125,74 %) uz najveći koeficijent varijabilnosti (9,35 %), što može ukazivati na varijacije u kvaliteti izvora fosfora ili promjene u formulaciji krmiva. Balans kalcija u odnosu na potrebe pokazuje slične trendove u varijabilnosti među farmama. Farma 2 ima najvišu prosječnu vrijednost balansa kalcija (32,79 g/dan) uz najmanji koeficijent varijabilnosti (46,15 %).



Ovo može ukazivati na dobar nadzor i prilagodbu krmiva kako bi se zadovoljile potrebe krava za kalcijem. Nasuprot tome, Farma 1 pokazuje najveći koeficijent varijabilnosti (55,19 %), što može sugerirati probleme u stabilnosti i dosljednosti u formulaciji krmiva ili u kontrolama kvalitete. Slične varijacije u balansu fosfora također su primijećene. Farma 2 pokazuje najmanji koeficijent varijabilnosti (32,68 %), dok Farma 1 ima najveći koeficijent (47,42 %). Ove varijacije mogu biti rezultat različitih pristupa u upravljanju hranidbenim potrebama krava na različitim farmama. Breen i Macdonald (2011.) potvrđuju naše rezultate svojom studijom gdje su istražili kako različite upravljačke prakse na farmama utječu na ravnotežu kalcija i fosfora kod mliječnih krava. Utvrdili su kako različite strategije hranidbe, uključujući vrstu i kvalitetu krmiva, mogu značajno utjecati na ravnotežu kalcija i fosfora. Između ostalog, razlike u praksi upravljanja na farmama dovode do varijacija u razinama i ravnoteži minerala, što može utjecati na zdravlje krava i njihovu produktivnost. Rhoads i sur. (2013.) također su istražili kako specifični faktori na farmama, kao što su upravljačke prakse i uvjeti okoliša, utječu na status kalcija i fosfora kod mliječnih krava. Zaključili su kako različiti faktori, poput načina upravljanja krmivom, kvalitete krmiva i uvjeta stajskog prostora, mogu utjecati na ravnotežu kalcija i fosfora, a poboljšanje upravljačkih praksi može pozitivno utjecati na ravnotežu minerala i zdravlje krava.

**Rezultati analize varijabilnosti sljedećih svojstava kemijskog sastava krmiva: neutralna deterdžent vlakna; neutralna deterdžent vlakna iz voluminoznih krmiva; neutralna deterdžent vlakna iz voluminoznih krmiva na osnovi tjelesne mase; udio NDV-a iz voluminoze u ukupnom NDV-u; neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom na osnovi tjelesne mase; eterski ekstrakt (mast); fizički efektivna vlakna te neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom u obrocima mliječnih krava na svim farmama obuhvaćenim provedenim istraživanjem**

Rezultati analize kemijskog sastava krmiva prikazani u Tablici 16. pružaju detaljan uvid u varijabilnost ključnih nutritivnih svojstava krmiva koja se koriste u hranidbi mliječnih krava. Ovi rezultati su važni za razumijevanje varijacija u nutritivnoj kvaliteti krmiva i njihovog utjecaja na zdravlje i proizvodnju mliječnih krava. Prosječna vrijednost neutralnih deterdžent vlakana iz voluminoznih krmiva (NDV voluminoza) je 22,56 %, s koeficijentom varijabilnosti od 25,17 %. Ova visoka varijabilnost ukazuje na značajne razlike u sadržaju vlakana među različitim izvorima voluminoznih krmiva. Različite vrste voluminoznih krmiva ili promjene u kvaliteti krmiva tijekom vremena mogu biti uzrok ove varijabilnosti.

Prisutnost širokog raspona vrijednosti (14,30 % - 41,60 %) sugerira kako neki izvori krmiva mogu biti znatno bogatiji vlaknima, što može utjecati na probavu i ukupnu nutritivnu vrijednost krmiva. Neutralna deterdžent vlakna iz voluminoznih krmiva na osnovi tjelesne mase (NDV voluminoza TM) imaju prosječnu vrijednost od 0,83 %, s koeficijentom varijabilnosti od 14,16 %. Iako postoje varijacije u sadržaju vlakana, ova umjerena varijabilnost ukazuje kako neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom na osnovi tjelesne mase krava ostaju relativno stabilna. Ovo može značiti kako se varijacije u vlaknima mogu relativno uskladiti u obrocima temeljenim na tjelesnoj masi krava. Prosječna vrijednost udjela NDV-a iz voluminoze u ukupnom NDV-u (NDV voluminoza/ukupni NDV) je 67,57 %, s koeficijentom varijabilnosti od 14,24 %. Varijabilnost u ovom udjelu pokazuje značajan utjecaj različitih izvora voluminoznih krmiva na ukupni sadržaj vlakana. Ova informacija ključna je za razumijevanje udjela voluminoznih krmiva u ukupnom obroku i može pomoći u optimizaciji hranidbenih strategija radi osiguranja adekvatne količine vlakana za krave. Prosječna vrijednost neutralnih deterdžent vlakna determiniranih amilazom na osnovi tjelesne mase (aNDVot TM) iznosi 1,24 %, s koeficijentom varijabilnosti od 7,85 %. Ova relativno mala varijabilnost sugerira kako količina neutralnih deterdžent vlakana determiniranih amilazom na osnovi tjelesne mase krava ostaje prilično dosljedna među farmama. Stabilnost u ovom parametru može pomoći u održavanju stabilne probave i općeg zdravlja krava. Prosječna vrijednost eterskog ekstrakta (EE) iznosi 3,69 %, s koeficijentom varijabilnosti od 19,84 %. Ova visoka varijabilnost u sadržaju masti ukazuje na značajne razlike različitih izvora krmiva u sadržaju masti. Varijabilnost može biti rezultat različitih vrsta krmiva ili različitih metoda obrade krmiva. Prilagodba hranidbenih strategija može biti potrebna kako bi se osigurala dosljedna razina masti u obrocima. Prosječna vrijednost fizički efektivnih vlakana (feNDV) je 23,64 %, s koeficijentom varijabilnosti od 17,57 %. Ova varijabilnost ukazuje na razlike u sposobnosti krmiva na stimulaciju žvakanja i proizvodnju sline, što je važno za zdravlje probavnog sustava krava. Različite vrste krmiva mogu imati različite učinke na fizički efektivna vlakna, što može utjecati na probavu i zdravlje krava. Prosječna vrijednost neutralnih deterdžent vlakna determiniranih amilazom (aNDVot) iznosi 32,87 %, s koeficijentom varijabilnosti od 14,30 %. Ova umjerena varijabilnost ukazuje na značajne varijacije ukupnog sadržaja vlakana među različitim krmivima. Varijacije u neutralnim deterdžent vlaknima determiniranih amilazom mogu utjecati na kvalitetu krmiva i nutritivne potrebe krava, stoga je važno prilagoditi obroke kako bi se osigurala optimalna količina vlakana.

Mertens (2009.) u svom radu istražio je važnost NDV-a u krmivima i njegov utjecaj na probavu i proizvodnju mlijeka. Udio NDV-a u voluminoznim krmivima igra ključnu ulogu u održavanju zdravlja probavnog sustava i optimizaciji proizvodnje mlijeka. Količina i kvaliteta vlakana u krmivima utječu na potrošnju hrane, zdravlje krava i proizvodnju mlijeka. Kononoff i Heinrichs (2009.) analizirali su utjecaj fizički efektivnih vlakana (feNDV) na performanse mliječnih krava. Utvrdili su kako fizički efektivna vlakna pomažu u održavanju zdrave probave i stimuliraju žvakanje, što može poboljšati performanse krava, dok su neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom (aNDVot) važna za probavu i optimalnu potrošnju hrane. Shingfield i Grinari (2007.) istraživali su ulogu masnih kiselina, uključujući eterski ekstrakt (EE) u hranidbi mliječnih krava. Utvrđeno je kako EE može utjecati na proizvodnju mlijeka i sastav mlijeka, uključujući udio masti. Različiti izvori masti u krmivima mogu mijenjati nutritivne profile i utjecati na zdravlje krava. Gomez i Overton (2013.) istražili su kako različite količine masti (uključujući EE) utječu na performanse mliječnih krava. Utvrdili su kako visoki sadržaj EE može povećati energetske vrijednosti krmiva, što može poboljšati proizvodnju mlijeka. Istodobno, količina EE može utjecati na metabolizam i zdravlje krava, uključujući prevenciju metaboličkih poremećaja.

**Rezultati analize varijabilnosti sljedećih svojstava kemijskog sastava krmiva: neutralna deterdžent vlakna; neutralna deterdžent vlakna iz voluminoznih krmiva; neutralna deterdžent vlakna iz voluminoznih krmiva na osnovi tjelesne mase; udio NDV-a iz voluminoze u ukupnom NDV-u; neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom na osnovi tjelesne mase; eterski ekstrakt (mast); fizički efektivna vlakna te neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom u obrocima mliječnih krava na svim farmama obuhvaćenim provedenim istraživanjem prema sezoni kontrole mliječnosti**

Rezultati analize iz Tablice 17. ukazuju na značajne sezonske promjene u kemijskom sastavu krmiva koje mogu utjecati na nutritivne potrebe mliječnih krava. Neutralna deterdžent vlakna iz voluminoznih krmiva pokazuju nešto više vrijednosti u proljeće i ljeto (22,77 % i 23,20 %) u odnosu na jesen i zimu (23,30 % i 21,57 %). Varijabilnost je najveća u proljeće (26,64 %) i ljeto (26,60 %), što može ukazivati na razlike u kvaliteti krmiva. Neutralna deterdžent vlakna na osnovi tjelesne mase su najviša ljeti (0,85 %) uz najveću varijabilnost, dok su najstabilnija u jesen (0,85 %). Udio NDV-a iz voluminoze u ukupnom NDV-u pokazuje najveći prosjek u jesen (71,21 %) i najveću varijabilnost ljeti (17,05 %).

Ovo može značiti veće korištenje voluminoznih krmiva u jesen, dok u ljetnim mjesecima postoji veća varijabilnost u njihovoj kvaliteti. Neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom na osnovi tjelesne mase su najviše u ljetnim mjesecima (1,25 %), dok su najniža u jeseni (1,20 %). Eterski ekstrakt je najviši ljeti (3,90 %) i najniži zimi (3,52 %), što može utjecati na energetska vrijednost krmiva. Fizički efektivna vlakna i neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom pokazuju sezonske varijacije, s najvećim koeficijentima varijabilnosti ljeti, dok su najsigurnija u jesen. Ove promjene ukazuju na potrebu za prilagodbom hranidbe tijekom godine kako bi se osigurala optimalna hranidba za mliječne krave. Kolver i Muller (1998.), Bargo i sur. (2003) te Hoffman i Mertens (2007.) istražili su kako dodaci koncentrata utječu na proizvodnju mlijeka i probavu kod mliječnih krava, s naglaskom na sezonske varijacije u kvaliteti krmiva. Utvrdili su kako količina i sastav eterskog ekstrakta (EE) i vlakana mogu varirati između sezona, što utječe na nutritivne karakteristike krmiva. Jung i Allen (1995.) te Coppock i Bohnert (2004.) analizirali su utjecaj različitih tipova vlakana, uključujući NDV i aNDVot na probavu i kvalitetu krmiva te varijacije u količini neutralnih deterdžent vlakana (NDV) i eterskog ekstrakta (EE) u krmivima tijekom različitih sezona te utvrdili kako sezonske promjene u količini NDV i EE u voluminoznim krmivima imaju utjecaj na unos hrane, kvalitetu i probavljivost krmiva.

**Rezultati analize varijabilnosti sljedećih svojstava kemijskog sastava krmiva: neutralna deterdžent vlakna; neutralna deterdžent vlakna iz voluminoznih krmiva; neutralna deterdžent vlakna iz voluminoznih krmiva na osnovi tjelesne mase; udio NDV-a iz voluminoze u ukupnom NDV-u; neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom na osnovi tjelesne mase; eterski ekstrakt (mast); fizički efektivna vlakna te neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom u obrocima mliječnih krava prema farmi na kojoj je provedeno istraživanje**

Rezultati analize kemijskog sastava krmiva prikazani u Tablici 18. otkrivaju značajne varijacije u kvaliteti krmiva na četiri različite farme: Farma 1, Farma 2, Farma 3 i Farma 4. Ove varijacije mogu imati važne posljedice za nutritivne strategije i proizvodne performanse mliječnih krava. Na Farma 1, neutralna deterdžent vlakna iz voluminoznih krmiva (NDV voluminoza) imaju prosječnu vrijednost od 24,76 % s visokom standardnom devijacijom od 6,16 %, što ukazuje na široki raspon u sadržaju vlakana. Ova visoka prosječna vrijednost sugerira kako krmiva na ovoj farmi sadrže značajnu količinu vlakana, što može biti korisno za održavanje zdravlja probavnog sustava krava, ali visoka varijabilnost može otežati standardizaciju hranidbe.

Nasuprot tome, Farma 3, koja ima prosječnu vrijednost od 23,43 % i manju varijabilnost (4,53 %), pruža konzistentnije krmivo u pogledu sadržaja vlakana, što može olakšati prilagodbu hranidbenih strategija. Prema Van Saunu (2023.), NDV je ključna komponenta kvalitete krme jer utječe na unos i probavljivost, a visok sadržaj NDV-a može ograničiti unos zbog glomaznosti, ali je neophodan za održavanje zdravlja buraga. Rezultati istraživanja potvrđuju opće uvjerenje utjecaja varijabilnosti NDV-a na dosljednost strategija hranjenja (Rivera, 2023.). Neutralna deterdžent vlakna na osnovi tjelesne mase (NDV voluminoza TM) također pokazuju varijacije među farmama, pri čemu Farma 1 i Farma 3 imaju najviše prosječne vrijednosti (0,90 % i 0,91 %), dok Farma 2 i Farma 4 imaju niže vrijednosti (0,80 % i 0,79 %). Varijabilnost je najveća na Farma 2 (14,51 %), što može ukazivati na razlike u kvaliteti voluminoznih krmiva ili metodama hranidbe, a to potvrđuju i Rocateli i Zhang (2017.). Udio NDV-a iz voluminoze u ukupnom NDV-u (NDV voluminoza/ukupni NDV) najviši je na Farma 1 (73,38 %) uz značajnu varijabilnost (8,48 %), dok je najniži na Farma 4 (65,19 %) uz manju varijabilnost (6,68 %). Ove razlike ukazuju na različite udjele voluminoznih krmiva u ukupnom sadržaju vlakana, što može odražavati različite strategije u sastavljanju krmnih smjesa ili dostupnost voluminoznih sirovina. Katoch (2022.) u svom istraživanju navodi kako visoke vrijednosti ukazuju na hranidbu s velikim udjelom krmiva, što može biti korisno za funkciju buraga, ali zahtijeva pažljivo upravljanje kako bi se održala hranidbena ravnoteža.

Neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom na osnovi tjelesne mase (aNDVot TM) variraju između farmi, s najvišim vrijednostima na Farma 3 (1,28 %) i najnižim na Farma 4 (1,22 %). Varijabilnost je najveća na Farma 4 (8,88 %), što može ukazivati na neujednačenost u kvaliteti krmiva, dok je najmanja na Farma 2 (7,02 %). Eterski ekstrakt (EE), koji predstavlja sadržaj masti, pokazuje najveće prosječne vrijednosti na Farma 1 (3,79 %) uz najveću varijabilnost (23,18 %). Ovo može ukazivati na različite izvore masti u krmivima s te farme. Nasuprot tome, Farma 3 ima niže prosječne vrijednosti (3,44 %) uz manju varijabilnost (17,30 %), što može sugerirati stabilniji sadržaj masti i potencijalno dosljedniju kvalitetu krmiva. Fizički efektivna vlakna (feNDV) su najviša na Farma 1 (24,71 %) s najvećom varijabilnošću (4,69 %), dok su najniža na Farma 4 (23,77 %) uz najmanju varijabilnost (3,35 %). Ove varijacije u fizički efektivnim vlaknima mogu utjecati na probavu i zdravlje krava te impliciraju potrebu za prilagodbom hranidbenih strategija. Neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom (aNDVot) su najviša na Farma 1 (33,24 %) uz najvišu varijabilnost (5,92 %), dok su najniže na Farma 4 (33,43 %) uz najmanju varijabilnost (3,43 %).

Razlike u neutralnim deterdžent vlaknima determiniranih amilazom između farmi mogu odražavati različite metode u pripremi krmiva i strategijama hranidbe.

**Rezultati analize varijabilnosti sljedećih svojstava kemijskog sastava krmiva: sirovi protein obroka; u rumenu nerazgradivi proteini; bakterijski metabolički protein; metionin i lizin u obrocima mliječnih krava na svim farmama obuhvaćenim provedenim istraživanjem**

Rezultati prikazani u Tablici 19. daju uvid u kemijski sastav krmiva za mliječne krave s naglaskom na ključne parametre poput sirovog proteina obroka, u rumenu nerazgradivi proteini, bakterijskog metaboličkog proteina te aminokiselina metionina i lizina. Analiza ovih rezultata otkriva važne zaključke u vezi s varijabilnošću tih sastavnica među različitim farmama uključenim u istraživanje. Sirovi protein obroka (SP) pokazuje umjerenu varijabilnost s prosječnom vrijednošću od 16,12 %. Ova vrijednost je unutar optimalnog raspona za hranidbu mliječnih krava, što ukazuje na generalno zadovoljavajuću kvalitetu krmiva korištenog na farmama. Niska standardna devijacija (1,10 %) sugerira priličnu konzistenciju ovog parametra među farmama. Koeficijent varijabilnosti od 6,84 % potvrđuje ovu homogenu raspodjelu, što implicira kako je strategija hranjenja u pogledu sirovog proteina obroka u velikoj mjeri standardizirana ili nepostojanje značajnih razlika u kvaliteti proteina između farmi.

S druge strane, u rumenu nerazgradivi proteini (RNP) pokazuju veću varijabilnost među farmama, što je vidljivo iz koeficijenta varijabilnosti od 13,06 %. Ova veća varijabilnost može ukazivati na različite metode pripreme i odabira krmiva, kao i na različite strategije optimizacije proteina na farmama. Ovaj je protein važan za osiguravanje dovoljne razine raspoloživih aminokiselina, jer omogućava kravi zadržavanje potrebnih hranjivih tvari čak i u situacijama kada se probavljivi proteini ne apsorbiraju u potpunosti. Stoga bi veća konzistentnost u nerazgradivim proteinima mogla pomoći u poboljšanju učinkovitosti iskorištavanja proteina i proizvodnje mlijeka. Bakterijski metabolički protein (BMP) također pokazuje umjerenu varijabilnost, s koeficijentom varijabilnosti od 8,76 %. Ovaj rezultat sugerira postojanje razlika u sposobnosti mikroorganizama u buragu za proizvodnju metaboličkog proteina, što može proizaći iz raznolikosti vrsta i kvalitete krmiva među farmama. Varijabilnost u ovoj komponenti važna je jer bakterijski metabolički protein direktno utječe na učinkovitost probave i sinteze mliječnih proteina kod krava. Stoga bi optimizacija uvjeta u buragu mogla dovesti do poboljšanja u ukupnoj učinkovitosti iskorištavanja proteina.

Esencijalne aminokiseline metionin (MET) i lizin (LYS) prikazuju relativno nisku varijabilnost među farmama, s koeficijentima varijabilnosti od 6,79 % za metionin i 5,26 % za lizin. Ovi rezultati sugeriraju kako su obroci uvelike prilagođeni potrebama krava za ovim ključnim aminokiselinama, koje su važne za sintezu mliječnih proteina i ukupno zdravlje životinja. Iako je varijabilnost metionina nešto veća nego kod lizina, obje aminokiseline pokazuju zadovoljavajuću razinu homogenosti, što implicira svjesnost proizvođača o važnosti ovih komponenti u hranidbi krava. Općenito, rezultati ukazuju na relativno zadovoljavajuću kvalitetu krmiva u pogledu ključnih proteina i aminokiselina, uz određene mogućnosti za poboljšanje, posebno u smislu optimizacije nerazgradivih proteina i bakterijskog metaboličkog proteina. Povećana konzistentnost u ovim komponentama mogla bi dovesti do bolje iskoristivosti proteina i veće proizvodnje mlijeka, dok je relativno niska varijabilnost aminokiselina pozitivan pokazatelj ujednačenosti u hranidbenim praksama. Kim i Lee (2021.) u svom istraživanju su proučavali kako suplementacija određenim aminokiselinama (metionin, lizin, histidin) može poboljšati sintezu proteina u mlijeku. Njihova studija korisna je za razumijevanje kako hranidba bogata određenim aminokiselinama može poboljšati sadržaj proteina u mlijeku kod visokoproizvodnih krava.

**Rezultati analize varijabilnosti sljedećih svojstava kemijskog sastava krmiva: sirovi protein obroka; u rumenu nerazgradivi proteini; bakterijski metabolički protein; metionin i lizin u obrocima mliječnih krava na svim farmama obuhvaćenim provedenim istraživanjem prema sezoni kontrole mliječnosti**

Rezultati prikazani u Tablici 20. otkrivaju zanimljive sezonske varijacije u kemijskom sastavu krmiva za mliječne krave, a diskusija tih rezultata omogućava dublje razumijevanje kako različite sezone utječu na ključne hranidbene parametre. Sezonske promjene u sirovom proteinu obroka, nerazgradivim proteinima, bakterijskom metaboličkom proteinu te aminokiselinama metioninu i lizinu upućuju na važne faktore koji mogu utjecati na produktivnost i zdravlje mliječnih krava. Jedan od najznačajnijih elemenata u analizi je sirovi protein obroka (SP), čija prosječna vrijednost varira između 15,73 % ljeti i 16,37 % u jesen. Ove razlike mogu biti povezane s kvalitetom i dostupnošću paše, osobito ljeti, kada visoke temperature mogu utjecati na nutritivni sastav biljaka i na smanjenje količine dostupnog svježeg krmiva. Zimi i u jesen, kad krave više konzumiraju konzervirano krmivo poput silaže i sijena, protein je stabilniji i dostupniji u višim količinama, što može objasniti nešto više vrijednosti u ovim sezonama. Najveća varijabilnost zabilježena je ljeti, što može biti rezultat promjena u kvaliteti paše među farmama, dok je zimi stabilnost veća, jer su uvjeti hranjenja uniformniji. U rumenu nerazgradivi proteini (RNP) pokazuju slične sezonske varijacije, s najnižim prosječnim vrijednostima tijekom ljeta. To može biti posljedica veće ovisnosti o paši u ljetnim mjesecima, koja ima manji udio proteina nerazgrađenog u buragu u usporedbi s konzerviranim krmivom. Veća varijabilnost u ljetnim mjesecima mogla bi biti posljedica različitih uvjeta okoliša i kvalitete paše na različitim farmama. S druge strane, zimska sezona pokazuje veću stabilnost, što može biti rezultat konzistentnijeg načina hranjenja kroz zimu, kada se oslanja na stabilne izvore proteina poput silaže i sijena. Bakterijski metabolički protein (BMP) pokazuje nešto veću varijabilnost tijekom ljeta, što može biti rezultat promjena u sastavu hrane i fermentacijskih procesa u buragu, na koje utječe sezonski karakter krmiva. Mikroorganizmi u buragu odgovorni za fermentaciju proteina osjetljivi su na promjene u vrsti krmiva, a paša tijekom ljetnih mjeseci može pridonijeti ovoj varijabilnosti. Ipak, prosječne vrijednosti su relativno slične tijekom svih sezona, što sugerira održavanje bakterijskog metaboličkog proteina unatoč sezonskim promjenama. Esencijalne aminokiseline metionin i lizin, koje su od ključne važnosti za sintezu mliječnih proteina i rast životinja, također pokazuju sezonske varijacije, ali u manjoj mjeri u usporedbi s proteinima.



Zimi, metionin i lizin pokazuju nešto veće prosječne vrijednosti, što bi moglo biti povezano s konzerviranim krmivom bogatijim proteinima i aminokiselinama. Ljeto pokazuje nešto niže vrijednosti, vjerojatno zbog promjena u sastavu paše koja je siromašnija u nekim esencijalnim aminokiselinama. Varijabilnost među farmama tijekom ljeta može se objasniti različitim kvalitetama i vrstama paše, dok jesenska i proljetna sezona pokazuju manju varijabilnost, što ukazuje na konzistentniju hranidbu. Utjecaj sezone na kemijski sastav krmiva evidentan je kroz promjene u sadržaju proteina i aminokiselina. Ljetni period, koji je karakteriziran promjenama u kvaliteti paše i visokim temperaturama, pokazuje najveću varijabilnost u većini parametara, što može značiti kako krave dobivaju manje ujednačenu kvalitetu krmiva, a to može imati negativan utjecaj na proizvodnju mlijeka. Nasuprot tome, zima, s visokim udjelom konzerviranog krmiva, pokazuje veću stabilnost u većini parametara, što omogućava dosljedniji unos hranjivih tvari i potencijalno, bolju proizvodnju mlijeka. Ovi rezultati upućuju na potrebu prilagodbe strategija hranidbe proizvođača mlijeka u skladu sa sezonskim uvjetima. Posebna pažnja treba biti usmjerena na ljetne mjesece, kada varijabilnost u sastavu krmiva može negativno utjecati na produktivnost. Primjena dodatnih proteinskih i aminokiselinskih suplemenata ljeti mogla bi pomoći u održavanju stabilne proizvodnje mlijeka. Također, optimizacija paše, uz povećanje konzerviranog krmiva u periodima kada je paša manje dostupna ili niže kvalitete, mogla bi poboljšati stabilnost hranidbe kroz sve sezone.

**Rezultati analize varijabilnosti sljedećih svojstava kemijskog sastava krmiva: sirovi protein obroka; u rumenu nerazgradivi proteini; bakterijski metabolički protein; metionin i lizin u obrocima mliječnih krava prema farmi na kojoj je provedeno istraživanje**

Rezultati prikazani u Tablici 21. odnose se na kemijski sastav krmiva na četiri različite farme (Farma 1, Farma 2, Farma 3 i Farma 4) te otkrivaju varijabilnosti u ključnim parametrima hranidbe mliječnih krava, uključujući sirovi protein obroka (SP), nerazgradive proteine (RNP), bakterijski metabolički protein (BMP) te koncentraciju esencijalnih aminokiselina metionina (MET) i lizina (LYS). Ove razlike ističu utjecaj upravljanja farmama i kvalitete krmiva na sastav hranidbe, što može imati direktne posljedice na produktivnost i zdravlje mliječnih krava. Prosječne vrijednosti sirovog proteina obroka (SP) među farmama nisu značajno različite, no varijabilnost unutar pojedinih farmi ukazuje na neujednačenost u sastavu krmiva. Najveća varijabilnost zabilježena je na Farma 3 (7,90 %), dok je najmanja na Farma 4 (6,26 %).

Ova razlika u varijabilnosti može ukazivati na bolje standardizirane postupke hranidbe na Farma 4 u usporedbi s Farma 3, gdje veća varijabilnost sugerira manje ujednačen unos proteina kroz krmiva. Prosječne vrijednosti sirovog proteina obroka kreću se od 15,82 % na Farma 3 do 16,28 % na Farma 1, što ukazuje na relativno sličnu kvalitetu proteina između farmi, iako manje razlike mogu biti rezultat varijacija u kvaliteti ili vrsti krmiva koja se koristi na farmama. U rumenu nerazgradivi proteini (RNP) također pokazuju određene razlike među farmama, s najvećom varijabilnošću zabilježenom na Farma 3 (14,51 %), a najmanjom na Farma 4 (12,30 %). Ove razlike u varijabilnosti mogu biti rezultat različitih izvora proteina u obrocima, kao i različitih strategija hranidbe. Na Farma 3, visoka varijabilnost mogla bi ukazivati na manje konzistentan unos proteina u obrocima, dok bi Farma 4 mogla imati bolje kontrolirane postupke hranidbe, što rezultira stabilnijim unosom proteina. Ove varijacije u sadržaju nerazgradivih proteina važne su jer ovaj oblik proteina doprinosi metabolizmu krava i sintezi mliječnih proteina. Bakterijski metabolički protein (BMP) pokazuje relativno ujednačene prosječne vrijednosti među farmama, s najmanjom varijabilnošću zabilježenom na Farma 4 (8,27 %) i najvećom na Farma 3 (10,32 %). Ova varijabilnost može ukazivati na različite uvjete fermentacije u buragu, koji su ovisni o vrsti krmiva i upravljanju hranidbom. Visoka varijabilnost na Farma 3 sugerira manje konzistentne uvjete fermentacije, dok stabilnija varijabilnost na Farma 4 može ukazivati na bolju kontrolu nad kvalitetom i sastavom obroka. Metionin (MET) i lizin (LYS), dvije ključne aminokiseline za sintezu mliječnih proteina, također pokazuju značajne razlike među farmama. Najveća varijabilnost metionina zabilježena je na Farma 2 (6,89 %), a najmanja na Farma 3 (5,14 %). Iako je na Farma 2 zabilježena najviša prosječna vrijednost metionina (102,31 %), visoka varijabilnost može ukazivati na neujednačenost u unosu ove esencijalne aminokiseline. Nasuprot tome, Farma 3 pokazuje manju varijabilnost, ali i nižu prosječnu vrijednost metionina (94,66 %), što može ukazivati na stabilniji, ali siromašniji unos metionina. Slično tome, varijabilnost lizina je najveća na Farma 1 (6,00 %), dok je najmanja na Farma 3 (2,96 %). Niska varijabilnost lizina na Farma 3 može ukazivati na dosljednu praksu hranidbe, dok veća varijabilnost na Farma 1 može biti rezultat razlika u kvaliteti ili sastavu krmiva. Utjecaj lokacije i upravljanja farmom očituje se u razlici u varijabilnosti ključnih hranidbenih parametara. Farme s većom varijabilnošću, poput Popovca i Mitrovca, mogu imati manje standardizirane postupke hranidbe ili koristiti krmiva s različitim sastavom, što rezultira neujednačenim unosom proteina i aminokiselina. S druge strane, farme s manjom varijabilnošću, poput Farma 4, vjerojatno koriste dosljednije postupke hranidbe, što doprinosi stabilnijem unosu hranjivih tvari.

Razlike u kemijskom sastavu krmiva među farmama mogu se povezati s različitim pristupima upravljanju hranidbom, kvaliteti krmiva i uvjetima uzgoja, što sve može imati značajan utjecaj na produktivnost i zdravlje mliječnih krava. Farme s većom varijabilnošću u unosu esencijalnih hranjivih tvari mogu se suočiti s izazovima u održavanju optimalne proizvodnje mlijeka, dok farme s manjom varijabilnošću imaju prednost u stabilnosti hranidbe, što može pozitivno utjecati na proizvodne rezultate. Ovi rezultati naglašavaju potrebu za optimizacijom hranidbenih strategija na pojedinim farmama kako bi se smanjila varijabilnost u unosu ključnih hranjivih tvari, a time i povećala učinkovitost proizvodnje mlijeka.

### 4.3. Određivanje povezanosti između istraživanih grupa svojstava

**Rezultati analize kovarijabilnosti između dnevne količine mlijeka i emisije amonijaka te odabranih svojstava kemijskog sastava krmiva u obrocima mliječnih krava. Parametri kovarijabilnosti dnevne količine mlijeka i emisije amonijaka te unesene suhe tvari, predviđenog unosa suhe tvari, metaboličke energije i metaboličkog proteina u obrocima mliječnih krava**

Diskusija na temelju rezultata korelacija prikazanih u Tablici 22. omogućuje dublji uvid u međusobne odnose između parametara povezanih s proizvodnjom mlijeka i emisijom amonijaka kod mliječnih krava. Rezultati pokazuju zanimljive aspekte interakcije između količine proizvedenog mlijeka, unosa hranjivih tvari te emisije amonijaka, pružajući korisne uvide u optimizaciju hranidbe i smanjenje negativnih ekoloških posljedica. Prva ključna korelacija, ona između dnevne količine mlijeka (DKM) i emisije amonijaka (EA), iznosi  $-0,057$ . Iako je ovaj odnos slab i negativan, važan je jer sugerira kako povećana proizvodnja mlijeka ne dovodi do proporcionalnog povećanja emisije amonijaka. To ukazuje na mogućnost kako intenzivnija proizvodnja mlijeka ne mora nužno povećati ekološki otisak kroz veće emisije amonijaka, što bi imalo pozitivan učinak na održivost proizvodnje. Ipak, iako je ovaj negativan odnos ohrabrujući, njegova slabost sugerira mogućnost mijenjanja emisije amonijaka na druge načine, neovisno o povećanju ili smanjenju proizvodnje mlijeka. S druge strane, vrlo snažna pozitivna korelacija između dnevne količine mlijeka (DKM) i unesene količine suhe tvari (Konzumirana ST), koja iznosi  $0,725$ , pokazuje kako krave koje unose veću količinu suhe tvari imaju veću proizvodnju mlijeka.

Ovaj rezultat potvrđuje očekivanje kako veći unos hrane direktno podržava povećanu proizvodnju mlijeka, osiguravajući kravama veću količinu energije i hranjivih tvari potrebnih za sintezu mlijeka. Predviđeni unos suhe tvari (Predviđena ST) također je pozitivno povezan s proizvodnjom mlijeka (0,624), što dodatno potvrđuje važnost pravilnog planiranja obroka i unosa hrane za optimizaciju proizvodnje. Slabija pozitivna korelacija između metaboličke energije (ME) i dnevne količine mlijeka (DKM) iznosi 0,256, što pokazuje kako, iako metabolička energija doprinosi proizvodnji mlijeka, nije jedini ključni faktor. Ova umjerena povezanost sugerira važnost energije iz hrane, ali ukupna proizvodnja mlijeka također je pod utjecajem drugih faktora, uključujući ravnotežu proteina, vitamina i minerala, kao i opće zdravlje životinja. Korelacija između metaboličkog proteina (MP) i proizvodnje mlijeka je također pozitivna (0,184), ali slabija u odnosu na unos suhe tvari i metaboličku energiju. To implicira kako, iako metabolički protein ima važnu ulogu u sintezi mlijeka, njegov utjecaj nije presudan u usporedbi s unosom suhe tvari ili energijom. Ovaj nalaz je u skladu s očekivanjima, jer krave zahtijevaju odgovarajuću količinu proteina za proizvodnju mlijeka, ali proteinski unos mora biti uravnotežen s energijom radi optimalne proizvodnje. Što se tiče emisije amonijaka, korelacija između emisije amonijaka (EA) i unesene količine suhe tvari (Konzumirana ST) iznosi -0,065, što je blago negativan odnos. Ova negativna korelacija sugerira kako povećanje unosa suhe tvari može smanjiti emisiju amonijaka, vjerojatno zbog boljeg iskorištavanja hranjivih tvari u probavnom sustavu krave. Ako krava učinkovito iskorištava unesene hranjive tvari, manji dio njih se otpušta kao amonijak. Predviđeni unos suhe tvari (Predviđena ST) također pokazuje vrlo malu, ali pozitivnu korelaciju s emisijom amonijaka (0,013), što može ukazivati kako planirani unos hrane ima mali, ali zanemariv utjecaj na emisiju amonijaka. Pri analizi odnosa između emisije amonijaka i drugih parametara, poput metaboličke energije (ME) i metaboličkog proteina (MP), vidljive su vrlo slabe, ali značajne korelacije. Korelacija između metaboličke energije i emisije amonijaka iznosi 0,020, što sugerira kako povećana energija u hrani može imati mali pozitivan utjecaj na emisiju amonijaka. S druge strane, metabolički protein pokazuje blago negativnu korelaciju s emisijom amonijaka (-0,025), što bi moglo značiti kako bolje balansiran unos proteina može smanjiti emisiju amonijaka, jer se proteini bolje iskorištavaju, čime se smanjuje njihov otpad u obliku amonijaka. Zaključno, rezultati ukazuju na važnost uravnotežene hranidbe mliječnih krava s naglaskom na unos suhe tvari i energiju, koji imaju najveći utjecaj na proizvodnju mlijeka.

Iako je povezanost između proizvodnje mlijeka i emisije amonijaka slaba, optimizacija hranidbe može igrati ključnu ulogu u smanjenju emisije amonijaka, što je važno za održivu poljoprivredu i smanjenje ekološkog otiska.

**Parametri kovarijabilnosti dnevne količine mlijeka i emisije amonijaka te proizvedenog mlijeka, predikcije proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličke energije, predikcije proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličkog proteina, količine suhe tvari za kg mlijeka na osnovi metaboličke energije i količina suhe tvari za kg mlijeka na osnovi metaboličkog proteina u obrocima mliječnih krava**

Tablica 23. prikazuje koeficijente korelacije između dnevne količine mlijeka i različitih varijabli koje uključuju emisiju amonijaka, količinu proizvedenog mlijeka, predikciju proizvodnje mlijeka na temelju metaboličke energije i metaboličkog proteina te količinu suhe tvari za kilogram mlijeka na osnovi metaboličke energije i metaboličkog proteina.

Analizom ovih korelacija možemo bolje razumjeti odnose između proizvodnje mlijeka i povezanih faktora, kao i utjecaj različitih hranjivih tvari na učinkovitost proizvodnje mlijeka i emisiju amonijaka. Korelacija između dnevne količine mlijeka (DKM) i emisije amonijaka (EA) je  $-0,057$ , što ukazuje na vrlo slabu negativnu povezanost između ovih varijabli. Iako postoji blagi trend smanjenja emisije amonijaka s povećanjem proizvodnje mlijeka, ovaj odnos nije dovoljno jak pa nema značajan utjecaj. Emisija amonijaka može biti podložna mnogim drugim čimbenicima koji nisu direktno povezani s količinom proizvedenog mlijeka, što može objasniti slabost ove korelacije. Korelacija između dnevne količine mlijeka i količine proizvedenog mlijeka (Proizvedena KM) je  $0,742$ , što pokazuje snažnu pozitivnu povezanost. Ovo sugerira izuzetnu povezanost stvarne proizvodnje mlijeka s predikcijom temeljenom na unosu hrane. Krave koje unose više hranjivih tvari proizvode više mlijeka, što potvrđuje značaj unosa hrane u proizvodnji mlijeka. Predikcija proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličke energije (ME PKM) ima korelaciju od  $0,698$  s dnevnom količinom mlijeka, što je također visoka korelacija. Ovo pokazuje kako je metabolička energija iz hrane ključna za proizvodnju mlijeka, a veći unos energije vodi većoj proizvodnji mlijeka. U ovom kontekstu, vrlo mala korelacija između emisije amonijaka i metaboličke energije ( $-0,024$ ) sugerira kako povećanje energetske vrijednosti hrane nema značajan utjecaj na smanjenje emisije amonijaka. Predikcija proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličkog proteina (MP PKM) pokazuje korelaciju od  $0,689$  s dnevnom količinom mlijeka, što također ukazuje na snažnu povezanost. Ovo ukazuje kako adekvatan unos metaboličkog proteina doprinosi većoj proizvodnji mlijeka.

Slično kao i kod metaboličke energije, emisija amonijaka pokazuje vrlo malu negativnu korelaciju s metaboličkim proteinom (-0,051), što također ukazuje na mali utjecaj povećanja proteina na emisiju amonijaka. Količina suhe tvari potrebna za kilogram mlijeka na osnovi metaboličke energije (ME PKM/ST) pokazuje korelaciju od 0,642 s dnevnom količinom mlijeka. Ovo upućuje kako je učinkovitost proizvodnje mlijeka značajno povezana s unosom suhe tvari, koja osigurava potrebnu energiju. Također, količina suhe tvari za kilogram mlijeka na osnovi metaboličkog proteina (MP PKM/ST) ima korelaciju od 0,612 s dnevnom količinom mlijeka, što ukazuje na važnost unosa proteina za proizvodnju mlijeka. U oba slučaja, emisija amonijaka pokazuje vrlo slabu povezanost s količinom suhe tvari na osnovi metaboličke energije (-0,014) i metaboličkog proteina (-0,035), što znači kako unos suhe tvari za povećanje proizvodnje mlijeka ne utječe značajno na emisiju amonijaka. Ovi rezultati ukazuju kako proizvodnja mlijeka u velikoj mjeri ovisi o unosu hranjivih tvari, uključujući energiju i proteine. Međutim, emisija amonijaka nije značajno povezana s količinom hrane ili hranjivim tvarima, što ukazuje na to kako faktori osim hranidbe, poput procesa metabolizma i načina upravljanja stajskim gnojivom, igraju ključnu ulogu u emisiji amonijaka. Ovo sugerira potrebu za dodatnim istraživanjima radi boljeg razumijevanja svih faktora koji utječu na emisiju amonijaka u proizvodnji mlijeka, kao i za optimizaciju hranidbenih režima koji mogu povećati proizvodnju mlijeka bez značajnog povećanja emisije štetnih plinova.

### **Parametri kovarijabilnosti dnevne količine mlijeka i emisije amonijaka te kalcija, fosfora, balansa kalcija u odnosu na potrebe i balansa fosfora u odnosu na potrebe u obrocima mliječnih krava**

Diskusija rezultata prikazanih u Tablici 24. usredotočuje se na korelacije između dnevne količine mlijeka, emisije amonijaka te nutritivnih parametara poput kalcija (Ca), fosfora (P), balansa kalcija u odnosu na potrebe (Ca Balans) i balansa fosfora u odnosu na potrebe (P Balans). Ovi rezultati pružaju uvid u to kako nutritivni elementi u hranidbi utječu na proizvodnju mlijeka i emisiju amonijaka kod mliječnih krava. Korelacija između dnevne količine mlijeka i kalcija u obrocima (0,289) pokazuje umjerenu pozitivnu povezanost. To sugerira kako viša razina kalcija u hranidbi može biti povezana s povećanjem proizvodnje mlijeka. Iako korelacija nije izrazito visoka, ona ukazuje na značajnu ulogu kalcija u proizvodnji mlijeka. Kalcij je poznat po svojoj važnosti u različitim fiziološkim procesima, uključujući funkciju mliječnih žlijezda i metabolizam, što može objašnjavati ovu povezanost.

Međutim, kako korelacija nije vrlo visoka, kalcij možda nije ključni faktor sam po sebi u optimizaciji proizvodnje mlijeka, ali svakako doprinosi boljoj proizvodnji. S druge strane, korelacija između dnevne količine mlijeka i fosfora (0,098) je vrlo slaba. Ovo ukazuje minimalan utjecaj fosfora u hranidbi na proizvodnju mlijeka. Iako fosfor igra ključnu ulogu u energetskej ravnoteži i mnogim fiziološkim funkcijama, njegova slaba povezanost s proizvodnjom mlijeka sugerira kako njegovo povećanje u ovom kontekstu ne donosi značajne koristi u pogledu povećanja proizvodnje mlijeka. Balans kalcija u odnosu na potrebe (0,410) pokazuje umjerenu pozitivnu korelaciju s količinom mlijeka, što znači kako bolji balans kalcija može poboljšati proizvodnju mlijeka. Ovaj rezultat ukazuje na važnost pravilnog usklađivanja razine kalcija s potrebama krava za optimalnu proizvodnju mlijeka. Adekvatan balans kalcija može poboljšati funkciju mliječnih žlijezda i metabolizam, što doprinosi većoj proizvodnji mlijeka. Balans fosfora u odnosu na potrebe (0,282) također pokazuje slabu pozitivnu povezanost s količinom mlijeka, što znači kako, iako postoji povezanost između balansa fosfora i proizvodnje mlijeka, ona nije izrazito jaka. Ovaj rezultat upućuje na to kako balans fosfora, iako ključan za opće zdravlje i metabolizam, ima manji utjecaj na proizvodnju mlijeka u odnosu na druge nutritivne faktore. Korelacija između emisije amonijaka i kalcija iznosi 0,021, što pokazuje vrlo slabu povezanost. Ovo sugerira kako razine kalcija u obrocima ne igraju značajnu ulogu u regulaciji emisije amonijaka. Sličan obrazac se pojavljuje u korelaciji između emisije amonijaka i fosfora, koja iznosi 0,011. Ova vrlo slaba povezanost ukazuje kako promjene u razinama fosfora također nemaju značajan utjecaj na emisiju amonijaka. Balans kalcija u odnosu na potrebe (-0,002) i emisija amonijaka također pokazuju gotovo nikakvu povezanost, što sugerira kako prilagodba balansa kalcija u hranidbi mliječnih krava ne utječe značajno na emisiju amonijaka. Sličan zaključak može se donijeti i za korelaciju između emisije amonijaka i balansa fosfora (-0,014). Ove slabe negativne korelacije upućuju na to kako balans fosfora također nema značajan utjecaj na emisiju amonijaka.

**Parametri kovarijabilnosti dnevne količine mlijeka i emisije amonijaka te sljedećih svojstava: neutralna deterdžent vlakna iz voluminoznih krmiva; neutralna deterdžent vlakna iz voluminoznih krmiva na osnovi tjelesne mase; dio NDV-a iz voluminoze u ukupnom NDV-u, neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom na osnovi tjelesne mase; eterski ekstrakt; fizički efektivna vlakna te neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom u obrocima mliječnih krava**

Rezultati iz Tablice 25. pokazuju značajne korelacije između različitih nutritivnih parametara obroka i proizvodnje mlijeka kod mliječnih krava, kao i emisije amonijaka. Neutralna deterdžent vlakna iz voluminoznih krmiva (NDV voluminoza) imaju značajnu negativnu korelaciju s dnevnom količinom mlijeka (-0,537). Ova jaka negativna povezanost upućuje na to kako povećanje udjela vlakana iz voluminoznih krmiva smanjuje proizvodnju mlijeka, što je u skladu s očekivanjem kako vlakna smanjuju energetske dostupnost kravi, osobito kod visokoproizvodnih jedinki. S druge strane, neutralna deterdžent vlakna iz voluminoznih krmiva na osnovi tjelesne mase (NDV voluminoza TM) pokazuju slabu negativnu korelaciju (-0,092), što sugerira minimalan utjecaj ovog parametra na proizvodnju mlijeka. Udio NDV-a iz voluminoznih krmiva u ukupnom NDV-u također je negativno povezan s dnevnom proizvodnjom mlijeka (-0,414). To ukazuje kako veći udio vlakana iz voluminoznih krmiva u ukupnom obroku smanjuje proizvodnju mlijeka, vjerojatno zbog smanjene energetske dostupnosti. Nasuprot tome, neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom na osnovi tjelesne mase (aNDVot TM) pokazuju pozitivnu korelaciju (0,549), što sugerira pozitivan učinak većeg unosa vlakana na zdravlje probavnog sustava i posljedično, na proizvodnju mlijeka. Eterski ekstrakt (EE) pokazuje pozitivnu korelaciju (0,446), što potvrđuje važnost masti kao bogatog izvora energije za krave s visokim energetske potrebama, dok fizički efektivna vlakna (feNDV) imaju snažnu negativnu korelaciju (-0,597) s proizvodnjom mlijeka. Iako bitan za probavu, visok udio fizički efektivnih vlakana može smanjiti proizvodnju mlijeka ograničavanjem energetske unosa. Slično tome, neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom (aNDVot) također pokazuju negativnu korelaciju (-0,579), što ukazuje na to kako prevelik udio vlakana u obrocima može smanjiti proizvodnju mlijeka zbog smanjene dostupnosti energije. Kada je riječ o emisiji amonijaka, korelacije s većinom nutritivnih parametara su niske, što sugerira minimalan utjecaj promjena u unosu vlakana i masti na emisiju amonijaka.



Neutralna deterđžent vlakna iz voluminoznih krmiva (NDV voluminoza) pokazuju vrlo slabu pozitivnu korelaciju (0,016) s emisijom amonijaka, dok neutralna deterđžent vlakna iz voluminoznih krmiva na osnovi tjelesne mase (NDV voluminoza TM) i udio NDV-a iz voluminoze u ukupnom NDV-u pokazuju slabe negativne korelacije (-0,049 i -0,021). Ove niske korelacije upućuju na neznačajan utjecaj vlakana na emisiju amonijaka. Iako neutralna deterđžent vlakna determinirana amilazom na osnovi tjelesne mase (aNDVot TM) i eterski ekstrakt pokazuju neznatne negativne korelacije (-0,109 i -0,098), što sugerira kako veći unos vlakana i masti može donekle smanjiti emisiju amonijaka, ovi efekti su relativno slabi. Fizički efektivna vlakna (feNDV) i neutralna deterđžent vlakna determinirana amilazom (aNDVot) također pokazuju vrlo slabe korelacije s emisijom amonijaka, što ukazuje na neznačajan utjecaj promjena u tim parametrima na emisiju amonijaka. Općenito, rezultati sugeriraju kako vlakna u obrocima mliječnih krava imaju značajan utjecaj na proizvodnju mlijeka, ali vrlo mali utjecaj na emisiju amonijaka. Veći udio voluminoznih vlakana negativno utječe na proizvodnju mlijeka, dok neutralna deterđžent vlakna determinirana amilazom i neutralna deterđžent vlakna determinirana amilazom na osnovi tjelesne mase mogu imati pozitivan učinak. Masti su ključne za povećanje proizvodnje mlijeka, ali fizički efektivna vlakna mogu ograničiti proizvodnju. Što se tiče emisije amonijaka, rezultati pokazuju kako niti jedno nutritivno svojstvo nema veliki utjecaj, što sugerira kako se za smanjenje emisije treba razmotriti integriraniji pristup.

**Parametri kovarijabilnosti dnevne količine mlijeka i emisije amonijaka te sljedećih svojstava: sirovi protein obroka; u rumenu nerazgradivi proteini; bakterijski metabolički protein; metionin i lizin u obrocima mliječnih krava**

Diskusija rezultata prikazanih u Tablici 26. ukazuje na važne veze između nutritivnih sastojaka obroka mliječnih krava i njihove proizvodnje mlijeka, kao i emisije amonijaka. Dnevna količina mlijeka (DKM) pokazuje pozitivnu korelaciju s probavljivim sirovim proteinom (SP) od 0,366, što potvrđuje važnost adekvatnog unosa probavljivih proteina za maksimalnu proizvodnju mlijeka. Ova pozitivna povezanost ukazuje kako povećani unos probavljivih proteina omogućava kravi bolju sintezu mliječnih proteina, povećavajući proizvodnju. Proteini su ključni za sintezu mlijeka pa je logično kako veći udio sirovog proteina obroka potiče metaboličke procese koji podržavaju proizvodnju mlijeka. Još jača pozitivna korelacija između nerazgradivih proteina (RNP) i dnevne količine mlijeka (0,597) ukazuje na važnost ovog oblika proteina. RUP omogućava kravi korištenje esencijalnih aminokiselina izravno u crijevima, što osigurava bolju raspoloživost nutrijenata za sintezu mliječnih proteina.

Ovaj parametar je posebno važan kod visokoproduktivnih krava, koje zahtijevaju veće količine proteina za podršku intenzivnoj proizvodnji mlijeka. Negativna korelacija između bakterijskog metaboličkog proteina (BMP) i dnevne količine mlijeka (-0,671) sugerira kako viši udio bakterijskog metaboličkog proteina može negativno utjecati na proizvodnju mlijeka. Razlog može biti taj što bakterijski metabolički protein, iako važan za opskrbu aminokiselinama, možda ne sadrži dovoljne količine esencijalnih aminokiselina poput metionina i lizina, što može ograničiti maksimalnu sintezu mlijeka. To naglašava važnost esencijalnih aminokiselina u obrocima, jer njihov manjak može značajno smanjiti proizvodnju mlijeka. Metionin (MET) pokazuje pozitivnu korelaciju s proizvodnjom mlijeka (0,202), što potvrđuje njegovu ulogu kao jedne od ključnih aminokiselina za sintezu mliječnih proteina. Povećani unos metionina može poboljšati sintezu mlijeka jer je poznat kao limitirajuća aminokiselina. Nedostatak metionina u obroku može ograničiti proizvodnju mlijeka, čak i kad su drugi nutrijenti prisutni u dovoljnim količinama. Nasuprot tome, lizin (LYS) pokazuje negativnu korelaciju s dnevnom količinom mlijeka (-0,179). Ova negativna veza može ukazivati na neravnotežu između aminokiselina u obroku, pri čemu višak lizina, bez adekvatnog balansa s metioninom i ostalim esencijalnim aminokiselinama, može negativno utjecati na sintezu mliječnih proteina. Što se tiče emisije amonijaka, sirovi protein obroka (SP) pokazuje malu pozitivnu korelaciju (0,040), što ukazuje kako povećani unos probavljivih proteina može neznatno povećati emisiju amonijaka. Veći unos proteina može rezultirati većim gubicima dušika ako krava ne iskoristi sve unesene proteine. U rumenu nerazgradivi proteini (RNP) imaju vrlo slabu negativnu korelaciju (-0,009) s emisijom amonijaka, što upućuje na neznačajan utjecaj povećanja udjela RUP-a na emisiju amonijaka. To ukazuje kako u rumenu nerazgradivi proteini u buragu ne doprinose značajnom povećanju emisije dušika. Bakterijski metabolički protein (BMP) ima blagu pozitivnu korelaciju (0,051) s emisijom amonijaka. Iako bakterijski metabolički protein pomažu u sintezi proteina, njihov doprinos emisiji amonijaka je minimalan. Metionin (MET) pokazuje malu negativnu korelaciju s emisijom amonijaka (-0,016), što sugerira kako povećani unos metionina može smanjiti emisiju amonijaka poboljšanjem iskorištavanja proteina. S druge strane, lizin (LYS) pokazuje blagu pozitivnu korelaciju (0,014), ali taj utjecaj je zanemariv. Ukupno, rezultati ukazuju kako optimizacija proteinskih izvora, posebno ravnoteže između esencijalnih aminokiselina, može značajno povećati proizvodnju mlijeka. Istovremeno, emisija amonijaka nije snažno povezana s promjenama u unosu proteina i aminokiselina, iako optimizacija tih faktora može donijeti male ekološke koristi.

Sinclair i sur. (2014.) u svom radu navode kako smanjenje razine sirovih proteina u hranidbi uz dodatak aminokiselina poput lizina i metionina može poboljšati iskorištavanje dušika i smanjiti emisije amonijaka. Naglašavaju važnost balansiranja aminokiselina radi izbjegavanja nedostataka te poboljšanja ukupne učinkovitosti dušika. Lee i sur. (2012.), Elsaadawy i sur., (2022.), Militello i sur. (2022.) u svojim radovima pokazuju kako dodavanje lizina i metionina u obrok mliječnih krava može povećati proizvedenu količinu mliječnih proteina te smanjiti izlučivanje dušika, što posljedično može smanjiti emisije amonijaka.

#### **4.4. Razvoj i odabir optimalnih statističkih modela za procjenu emisije amonijaka pojedinog grla u proizvodnji temeljem podataka redovne kontrole proizvodnosti**

##### **Osnovni statistički parametri dnevnog sadržaja ureje u mlijeku, dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka te emisije amonijaka po kravi u proizvodnji mlijeka**

Rezultati prikazani u Tablici 27. predstavljaju ključne podatke o fenotipskoj varijabilnosti dnevnog sadržaja ureje u mlijeku (UREJA), dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka (MUN), te emisije amonijaka (EA) po kravi u proizvodnji mlijeka. Ovi parametri su od velikog značaja za razumijevanje metaboličkog stanja krava, njihove proizvodne učinkovitosti, kao i za procjenu utjecaja proizvodnje mlijeka na okoliš kroz emisiju amonijaka. UREJA pokazuje prosječnu vrijednost od 21,99 mg/dl, uz relativno visoku standardnu devijaciju od 9,60 mg/dl. Ovo ukazuje na značajnu varijabilnost među kravama unutar populacije. Minimalna vrijednost od 0,50 mg/dl i maksimalna od 60,00 mg/dl sugeriraju kako neke krave imaju izrazito nisku, dok druge imaju vrlo visoku koncentraciju ureje u mlijeku. Ova varijabilnost može biti rezultat različitih faktora, uključujući hranidbu, genetiku, stadij laktacije i zdravlje životinja. Na primjer, visoki sadržaj ureje može ukazivati na neravnotežu u unosu proteina i energije u hranidbi, što može rezultirati povećanom proizvodnjom ureje u organizmu. S druge strane, niski sadržaj ureje može signalizirati ograničeni unos proteina ili probleme s apsorpcijom hranjivih tvari. Koeficijent varijabilnosti od 43,68 % dodatno potvrđuje širok raspon koncentracija, što implicira potrebu za pažljivim praćenjem i prilagođavanjem hranidbe kako bi se postigli optimalni proizvodni i zdravstveni ishodi. Slična fenotipska varijabilnost zapažena je kod dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka (MUN), koji je deriviran iz koncentracije ureje.

Prosječna vrijednost MUN-a iznosila je 10,12 mg/dl, uz standardnu devijaciju od 4,42 mg/dl, dok su minimalne i maksimalne vrijednosti iznosile 0,23 mg/dl i 27,60 mg/dl. Ovaj obrazac ukazuje na sličnu distribuciju kao i kod UREJA parametra, što nije iznenađujuće s obzirom na njihovu povezanost. Koeficijent varijabilnosti od 43,68 % za MUN potvrđuje istu razinu varijabilnosti kao i kod ureje. Ova povezanost je važna jer MUN može poslužiti kao pouzdan pokazatelj učinkovitosti metabolizma dušika u tijelu krave. Visoke vrijednosti MUN-a mogu signalizirati višak proteina u hranidbi, dok niske vrijednosti upućuju na potrebu za povećanim unosom proteina. Praćenje MUN-a ključno je za optimizaciju hranidbe, što može pomoći u smanjenju gubitaka dušika i posljedično emisije amonijaka. Emisija amonijaka po kravi (EA), s prosječnom vrijednošću od 75,88 grama po danu, standardnom devijacijom od 22,22 g/dan i koeficijentom varijabilnosti od 29,29 %, pokazuje značajnu, ali nešto manju fenotipsku varijabilnost u odnosu na UREJA i MUN parametre. Minimalna emisija od 26,16 g/kravi/dan i maksimalna od 163,83 g/kravi/dan jasno ukazuju na različit kapacitet pojedinačnih krava za emisiju amonijaka. Ovi rezultati upućuju postojanje značajnih razlika u učinkovitosti iskorištavanja dušika među kravama, što je važan čimbenik koji treba uzeti u obzir prilikom optimizacije hranidbe i poboljšanja održivosti proizvodnje mlijeka. Smanjenje emisije amonijaka postaje sve važnije zbog njegovog negativnog utjecaja na okoliš, posebno u kontekstu zagađenja zraka i tla. Važno je napomenuti kako je emisija amonijaka izravno povezana s metabolizmom dušika u tijelu životinje, pri čemu višak dušika, koji nije iskorišten za sintezu mlijeka ili rasta, biva izlučen u obliku ureje i amonijaka. Visoke vrijednosti emisije amonijaka mogu biti indikator loše uravnotežene hranidbe, gdje krave dobivaju prekomjerne količine proteina, a neadekvatno usklađeni energetske unos može rezultirati povećanim gubicima dušika. Ova varijabilnost stoga može biti važna osnova za selekciju životinja s nižim emisijama, što bi dugoročno moglo pridonijeti ekološki prihvatljivijoj proizvodnji. Diskusija rezultata iz Tablice 27. jasno ukazuje na potrebu za boljim razumijevanjem faktora koji doprinose fenotipskoj varijabilnosti u metabolizmu dušika kod mliječnih krava. Iako su neki aspekti varijabilnosti vjerojatno povezani s genetskim karakteristikama životinja, značajnu ulogu igraju i okolišni faktori, prvenstveno hranidba i upravljanje stajom. Kako bi se poboljšala efikasnost iskorištavanja dušika i smanjila emisija amonijaka, nužno je uspostaviti precizne metode praćenja i optimizacije hranidbenih strategija koje uzimaju u obzir individualne razlike među životinjama. U tom kontekstu, ovi parametri mogu poslužiti kao vrijedni pokazatelji za selekciju životinja i optimizaciju hranidbenih režima s ciljem postizanja održivije i ekološki prihvatljivije proizvodnje mlijeka.

## **Parametri varijabilnosti dnevnog sadržaja ureje u mlijeku, dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka te emisije amonijaka po kravi u proizvodnji mlijeka prema sezoni kontrole mliječnosti**

Rezultati prikazani u Tablici 28. pokazuju sezonske varijacije u osnovnim statističkim parametrima dnevnog sadržaja ureje u mlijeku (UREJA), dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka (MUN) i emisije amonijaka po kravi (EA). Ove sezonske varijacije ukazuju na značajan utjecaj sezonskih promjena na metabolizam dušika kod mliječnih krava, što je važno za razumijevanje bioloških procesa i upravljanje hranidbom te smanjenje štetnih emisija u okoliš. Detaljna analiza ovih rezultata omogućuje razumijevanje kako različiti sezonski uvjeti utječu na te parametre. Dnevni sadržaj ureje u mlijeku (UREJA) varirao je među sezonama, pri čemu je ljeto pokazalo najvišu prosječnu vrijednost od 25,00 mg/dl, dok je zima imala najnižu prosječnu vrijednost od 20,11 mg/dl. Ove promjene se mogu povezati s promjenama u hranidbenim režimima, temperaturi i fiziološkom stanju krava. U ljetnim mjesecima, krave često pate od toplinskog stresa koji može utjecati na metabolizam, smanjujući unos hrane i energetska ravnotežu. Posljedično, dolazi do promjena u iskorištavanju hranjivih tvari, uključujući proteine, što može rezultirati višom koncentracijom ureje. Visoka koncentracija ureje u mlijeku može signalizirati višak proteina u hranidbi u odnosu na energiju, što dovodi do povećane razgradnje proteina i stvaranja ureje. Suprotno tome, zimi niže temperature, smanjena laktacija i promijenjena hranidba (češće na osnovi suhe hrane poput sijena) mogu smanjiti koncentraciju ureje u mlijeku, što se vidi u najnižoj zimskoj vrijednosti. Koeficijent varijabilnosti za ureju bio je najveći zimi (46,36%), što upućuje na veću nejednakost među kravama u sposobnosti metaboliziranja proteina i energije u hladnim uvjetima. S druge strane, najmanji koeficijent varijabilnosti zabilježen je ljeti (39,08 %), što može ukazivati na homogeniji utjecaj toplinskog stresa na krave, bez obzira na njihove individualne razlike. Dnevni sadržaj dušika u ureji mlijeka (MUN) pokazao je sličan obrazac kao i UREJA, što je i očekivano, s obzirom na to kako su oba parametra povezana s metabolizmom dušika. Najviša prosječna vrijednost MUN-a zabilježena je ljeti (11,50 mg/dl), dok je najniža bila zimi (9,25 mg/dl). Ljetne vrijednosti sugeriraju kako je viši sadržaj dušika u ureji mlijeka rezultat povećane razgradnje proteina tijekom toplinskog stresa. Tijekom ljeta, promjene u unosu hrane i visoke temperature mogu dovesti do povećane razgradnje proteina, što rezultira višim razinama dušika u ureji mlijeka. Suprotno tome, tijekom zime krave mogu bolje iskorištavati proteine u hrani zbog povoljnijih metaboličkih uvjeta i smanjenog stresa, što rezultira nižom razinom dušika u ureji mlijeka.

Koeficijent varijabilnosti za MUN pokazao je sličan sezonski obrazac kao i za UREJA, s najvećom varijabilnošću tijekom zime (46,36 %) i najmanjom ljeti (39,08 %). Ove promjene u varijabilnosti mogu ukazivati na različitu reakciju pojedinačnih krava na hranidbu i uvjete smještaja tijekom zime, dok ljeto, s izazovima toplinskog stresa, može ujednačiti reakcije među kravama. Emisija amonijaka po kravi (EA) također je pokazala sezonske varijacije, pri čemu su najveće emisije zabilježene ljeti (82,84 g/kravi/dan), dok su najniže emisije zabilježene zimi (71,53 g/kravi/dan). Povećane emisije amonijaka tijekom ljeta mogu se povezati s višim sadržajem dušika u ureji mlijeka i povećanom razgradnjom proteina. Toplinski stres ljeti može dovesti do smanjene iskoristivosti dušika iz hrane, što rezultira većim gubicima dušika putem urina i, posljedično, većom emisijom amonijaka. Zimi, niže emisije amonijaka mogu biti rezultat bolje iskoristivosti proteina zbog nižih temperatura i stabilnijih metaboličkih uvjeta. Koeficijent varijabilnosti za emisiju amonijaka bio je najveći zimi (30,15 %), što može ukazivati na različite reakcije pojedinačnih krava zimi na promjene u hranidbi i uvjetima smještaja. Nasuprot tome, ljeto je pokazalo najmanju varijabilnost (27,28 %), što može biti posljedica homogenog utjecaja toplinskog stresa na sve krave, smanjujući individualne razlike u emisijama amonijaka. Diskusija ovih rezultata ukazuje na značajan sezonski utjecaj na sve tri analizirane varijable. Povećane vrijednosti ureje, dušika u ureji mlijeka i emisije amonijaka tijekom ljeta mogu se pripisati toplinskom stresu, koji negativno utječe na unos hrane, metabolizam proteina i iskorištavanje dušika. S druge strane, niže vrijednosti zimi ukazuju na povoljnije metaboličke uvjete u hladnijim razdobljima, što rezultira boljim iskorištavanjem proteina i nižim emisijama amonijaka. Ovi rezultati imaju važne implikacije za upravljanje hranidbom i okolišnim uvjetima u mliječnom stočarstvu. Tijekom ljeta, potrebno je obratiti posebnu pažnju na formulaciju obroka kako bi se smanjili gubici proteina i smanjila emisija amonijaka, možda putem optimizacije odnosa energije i proteina u hrani te poboljšanjem uvjeta smještaja kako bi se smanjio toplinski stres. S druge strane, zimi je važno osigurati odgovarajući unos proteina i energije kako bi se održala optimalna proizvodnja mlijeka, uz smanjenje varijabilnosti među kravama. Na temelju ovih nalaza, mogu se predložiti daljnja istraživanja koja bi ispitala mogućnosti selekcije krava s nižom emisijom amonijaka i boljim iskorištavanjem proteina, kao i razvoj hranidbenih strategija koje bi smanjile sezonske varijacije u emisijama i poboljšale proizvodnu učinkovitost.

## **Parametri varijabilnosti dnevnog sadržaja ureje u mlijeku, dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka te emisije amonijaka po kravi u proizvodnji mlijeka prema regiji uzgoja mliječnih krava**

Rezultati prikazani u Tablici 29. pokazuju značajne razlike u parametrima dnevnog sadržaja ureje u mlijeku, dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka i emisije amonijaka po kravi u različitim regijama Hrvatske. Ove razlike mogu se pripisati varijacijama u hranidbenim praksama, klimatskim uvjetima i tehnologijama uzgoja, što sve može utjecati na metabolizam krava. Središnja Hrvatska pokazuje najnižu prosječnu vrijednost dnevnog sadržaja ureje u mlijeku (20,04 mg/dl), dok su najviše vrijednosti zabilježene u mediteranskoj Hrvatskoj (24,19 mg/dl). Razlike u razinama ureje između regija mogu se povezati s hranidbenim praksama, posebice s unosom proteina. U mediteranskoj regiji, gdje klima često zahtijeva drukčije metode hranidbe, viša razina ureje može ukazivati na veći unos proteina, što dovodi do povećane sinteze ureje u organizmu krava. Nasuprot tome, središnja Hrvatska, s nižim prosječnim vrijednostima, može imati balansiraniju hranidbu s manjim unosom proteina, što rezultira nižim koncentracijama ureje u mlijeku. Koeficijent varijabilnosti za sadržaj ureje najviši je u središnjoj Hrvatskoj (50,36 %), što sugerira velike razlike među kravama u ovoj regiji, dok je u istočnoj Hrvatskoj najniži (38,25 %), što ukazuje na ujednačeniji unos proteina i konzistentnije metaboliziranje kod krava. Sličan obrazac vidljiv je i u dnevnom sadržaju dušika u ureji mlijeka (MUN), gdje je najviša prosječna vrijednost zabilježena u mediteranskoj Hrvatskoj (11,13 mg/dl), dok je najniža u središnjoj Hrvatskoj (9,22 mg/dl). Povećani sadržaj dušika u ureji mlijeka u mediteranskoj regiji može ukazivati na intenzivnije razgradnje proteina, što je povezano s višim unosom proteina kroz hranidbu. Središnja Hrvatska, s najnižim vrijednostima, pokazuje kako su krave u ovoj regiji možda hranjene s manje proteina ili imaju bolje balansiranu hranidbu. Kao i kod ureje, koeficijent varijabilnosti za dušik u ureji mlijeka najveći je u središnjoj Hrvatskoj (50,36 %), što ukazuje na značajne razlike među kravama u načinu na koji koriste proteine, dok je u istočnoj Hrvatskoj ovaj koeficijent najmanji (38,25 %), što upućuje na veću homogenost u hranidbenim praksama i metabolizmu. Što se tiče emisije amonijaka, mediteranska Hrvatska pokazuje najveću prosječnu emisiju (80,97 g/kravi/dan), dok središnja Hrvatska ima najniže vrijednosti (71,37 g/kravi/dan). Ove razlike u emisijama mogu se povezati s različitim načinima hranidbe i intenzitetom stočarske proizvodnje. Povećane emisije u mediteranskoj regiji mogu biti posljedica većeg unosa proteina i manje učinkovitog iskorištavanja dušika, dok niže emisije u središnjoj Hrvatskoj mogu ukazivati na optimalniji način hranidbe koji smanjuje gubitke dušika.

Istočna Hrvatska također bilježi visoke emisije (78,87 g/kravi/dan), što može biti povezano s intenzivnijom poljoprivredom u toj regiji. Koeficijent varijabilnosti za emisiju amonijaka najveći je u središnjoj Hrvatskoj (32,72 %), što ukazuje na veće razlike među kravama u pogledu emisija, dok je u istočnoj Hrvatskoj najmanji (26,12 %), što ukazuje na ujednačeniju proizvodnju amonijaka među kravama. Ova varijabilnost može biti povezana s različitim uvjetima hranidbe, tehnologijama uzgoja ili genetskim razlikama među kravama. Sveukupno, rezultati sugeriraju značajnost regija kao faktora koji utječe na sadržaj ureje i dušika u ureji mlijeka te na emisiju amonijaka. Mediteranska Hrvatska pokazuje tendenciju viših razina svih parametara, što može ukazivati na potrebu za optimizacijom hranidbe kako bi se smanjile emisije i poboljšala učinkovitost metabolizma proteina. Istočna Hrvatska, s konzistentnijim vrijednostima i manjim varijacijama, pokazuje određene prednosti u smislu homogenosti hranidbenih praksi i proizvodnih rezultata. Središnja Hrvatska, iako ima niže prosječne vrijednosti ureje i emisije amonijaka, pokazuje veću varijabilnost, što ukazuje na potrebu za većom konzistentnošću u upravljanju stokom i hranidbom.

### **Rezultati analize varijabilnosti dnevnog sadržaja ureje u mlijeku, dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka te emisije amonijaka po kravi u proizvodnji mlijeka prema redoslijedu laktacije**

Rezultati prikazani u Tablici 30. pokazuju varijacije u dnevnom sadržaju ureje u mlijeku, dušika u ureji mlijeka te emisije amonijaka po kravi, ovisno o redoslijedu laktacije. Ove razlike su značajne i otkrivaju kako redoslijed laktacije utječe na metaboličke procese u tijelu krava, što se reflektira na parametre koji su povezani s iskoristivošću proteina iz hrane i emisijom amonijaka. Kod prvotelki, odnosno krava u prvoj laktaciji, prosječna vrijednost dnevnog sadržaja ureje u mlijeku iznosi 22,31 mg/dl, što je nešto više u usporedbi s kravama u kasnijim laktacijama. Kod krava u petoj i višim laktacijama, prosječna vrijednost ureje iznosi 20,35 mg/dl, što ukazuje na trend blagog smanjenja sadržaja ureje s povećanjem broja laktacija. Ovaj trend može se povezati s promjenama u metaboličkoj aktivnosti i potrebama za proteinima, gdje mlađe krave pokazuju viši sadržaj ureje u mlijeku, što može biti rezultat bolje iskoristivosti proteina iz hrane. Standardna devijacija pokazuje relativno ujednačene vrijednosti u svim grupama, ali koeficijent varijabilnosti raste s brojem laktacija, pri čemu je najveći kod krava u petoj i višim laktacijama (49,96 %), dok je najniži kod prvotelki (41,62 %).



Ova povećana varijabilnost u starijim laktacijama sugerira kako metabolička efikasnost postaje manje predvidljiva kako krave stare, što može biti rezultat različitih zdravstvenih stanja ili metaboličkih poremećaja koji se mogu pojaviti s godinama. Sličan trend se može uočiti i kod dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka. Prvotelke imaju prosječnu vrijednost od 10,26 mg/dl, dok krave u petoj i višim laktacijama pokazuju nešto nižu vrijednost od 9,36 mg/dl. Ovaj pad sadržaja dušika u ureji mlijeka s većim brojem laktacija može biti povezan s nižim potrebama za proteinima kod starijih krava ili manjom efikasnošću probave proteina. Standardna devijacija se kreće između 4,27 mg/dl kod prvotelki i 4,68 mg/dl kod krava u petoj i višim laktacijama, što ukazuje na slične varijacije u svim grupama. Međutim, kao i kod ureje, koeficijent varijabilnosti raste s brojem laktacija, dosežući 49,96 % kod krava u petoj i višim laktacijama, dok je najniži kod prvotelki (41,62 %). Ove razlike u varijabilnosti upućuju na veću nepredvidljivost starijih krava u iskorištavanju proteina, što može utjecati na njihove nutritivne potrebe i učinkovitost proizvodnje mlijeka. Emisija amonijaka po kravi također pokazuje slične obrasce. Prvotelke proizvode prosječno 76,62 g amonijaka po danu, dok krave u petoj i višim laktacijama emitiraju 72,09 g/dan. Ova manja emisija kod starijih krava može biti povezana s nižim unosom proteina ili smanjenom efikasnošću njihove probave. Standardna devijacija emisije amonijaka pokazuje slične vrijednosti između različitih laktacija, ali koeficijent varijabilnosti raste s brojem laktacija. Najveći koeficijent varijabilnosti emisije amonijaka zabilježen je kod krava u petoj i višim laktacijama (32,63 %), dok je najmanji kod prvotelki (28,04 %). Ovaj obrazac varijabilnosti ukazuje kako starije krave emitiraju manje amonijaka, ali i pokazuju veću nepredvidljivost u svojim emisijama, što može biti posljedica različitih metaboličkih i fizioloških faktora koji se pojavljuju s dobi. Sveukupno, rezultati pokazuju kako se parametri vezani uz metabolizam proteina i emisiju amonijaka mijenjaju s redoslijedom laktacije. Mlađe krave, poput prvotelki, imaju nešto viši sadržaj ureje i dušika u ureji mlijeka, kao i višu emisiju amonijaka, dok starije krave pokazuju blago smanjenje tih vrijednosti, uz istodobno povećanje varijabilnosti. Ovi rezultati naglašavaju važnost prilagođavanja hranidbenih strategija ovisno o redoslijedu laktacije, kako bi se optimizirala iskoristivost proteina, održala visoka produktivnost i smanjile negativne posljedice na okoliš kroz smanjenje emisije amonijaka.

## **Rezultati analize varijabilnosti dnevnog sadržaja ureje u mlijeku, dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka te emisije amonijaka po kravi u proizvodnji mlijeka prema stadiju laktacije**

Rezultati prikazani u Tablici 31. prikazuju varijabilnost dnevnog sadržaja ureje u mlijeku, dušika u ureji mlijeka te emisije amonijaka po kravi tijekom različitih stadija laktacije, podijeljenih u razrede dužine 100 dana. Ova podjela omogućuje detaljan uvid u promjene metaboličkih parametara krava tijekom laktacije, a ključne su za razumijevanje povezanosti između hranidbenih potreba, efikasnosti metabolizma proteina i utjecaja na okoliš. Prosječna vrijednost dnevnog sadržaja ureje u mlijeku (UREJA) pokazuje blage fluktuacije kroz različite stadije laktacije. Na početku laktacije, tijekom prvih 100 dana, prosječna vrijednost ureje iznosila je 21,42 mg/dl. U narednih 100 dana dolazi do blagog porasta na 22,79 mg/dl, dok se u trećem i četvrtom razredu laktacije (od 200 do 300 dana i više od 300 dana) vrijednosti stabiliziraju na 22,31 mg/dl i 21,43 mg/dl. Ovaj blagi porast u drugom stadiju laktacije može se pripisati povećanoj potrebi za metaboličkim prilagodbama u svrhu održavanja optimalne proizvodnje mlijeka. Ureja je marker metaboličke ravnoteže proteina i može biti pokazatelj efikasnosti probave dušičnih spojeva. Promjene u razini ureje između različitih stadija laktacije mogu ukazivati na promjene u unosu i probavljivosti proteina, kao i na razlike u energetske statusu krava. Smanjenje prosječnih vrijednosti ureje nakon 300 dana laktacije može biti povezano s opadanjem intenziteta proizvodnje mlijeka i smanjenom potrebom za unosom proteina jer krave ulaze u kasniju fazu laktacije. Slično trendu ureje, prosječne vrijednosti dušika u ureji mlijeka (MUN) također pokazuju varijacije tijekom različitih stadija laktacije. U prvih 100 dana laktacije, prosječna vrijednost MUN iznosi 9,85 mg/dl, dok u narednih 100 dana raste na 10,49 mg/dl, a zatim blago opada na 10,26 mg/dl u trećem razredu i 9,86 mg/dl nakon 300 dana laktacije. Ove promjene u sadržaju dušika u ureji mlijeka slijede sličan obrazac kao i ureja, potvrđujući povezanost između metabolizma proteina i stadija laktacije. Povećane vrijednosti dušika u ureji mlijeka tijekom srednje faze laktacije mogu ukazivati na pojačanu razgradnju proteina u rumenu, što rezultira većom proizvodnjom amonijaka, koji se pretvara u ureju i eliminira putem mlijeka. Ove promjene mogu biti posljedica prilagodbe hranidbenih strategija, koje su usmjerene na povećanje proizvodnje mlijeka i poboljšanje metabolizma proteina, što može uzrokovati porast dušika u ureji mlijeka. Kada je riječ o emisiji amonijaka (EA), rezultati ukazuju na blage promjene kroz stadije laktacije.

U prvoj fazi laktacije emisija amonijaka iznosi 74,57 g/kravi/dan, dok u drugom razredu laktacije dolazi do povećanja na 77,74 g/kravi/dan, nakon čega slijedi lagani pad na 76,63 g/kravi/dan u trećem razredu i ponovno vraćanje na 74,57 g/kravi/dan nakon 300 dana. Ove fluktuacije ukazuju na povećanje emisije amonijaka tijekom faze intenzivne proizvodnje mlijeka, odnosno u drugom stadiju laktacije. To se može povezati s većom razgradnjom proteina i povećanom sintezom ureje, koja se dijelom eliminira putem mokraće, a dijelom putem mlijeka. Povećane emisije amonijaka u ovom razdoblju mogu imati negativne ekološke posljedice, posebno u kontekstu upravljanja otpadom i emisijama stakleničkih plinova. Koeficijent varijabilnosti za sve promatrane parametre, uključujući ureju, dušik u ureji mlijeka i emisiju amonijaka, najveći je u prvih 100 dana laktacije, što ukazuje na veću individualnu varijabilnost među kravama u ovoj fazi. Ova veća varijabilnost može biti posljedica različitih metaboličkih prilagodbi na početku laktacije, kada krave prelaze iz stadija suhostaja u fazu intenzivne proizvodnje mlijeka. Povećani energetske zahtjevi i potreba za učinkovitom probavom i apsorpcijom hranjivih tvari mogu rezultirati većim razlikama među pojedinim kravama, ovisno o njihovom individualnom zdravstvenom stanju, unosu hrane i genetici. Uzimajući u obzir sve parametre, rezultati pokazuju kako su metabolički procesi koji utječu na proizvodnju ureje, dušika u ureji mlijeka i emisiju amonijaka podložni promjenama tijekom različitih faza laktacije. Ove promjene mogu imati važan utjecaj na upravljanje hranidbom krava, osobito u cilju optimizacije proizvodnje mlijeka i smanjenja emisije štetnih plinova. Rezultati sugeriraju kako prilagodba hranidbe prema fazama laktacije može biti ključna za održavanje optimalnih razina proteina i učinkovitosti metabolizma, što može doprinijeti kako povećanoj proizvodnji mlijeka, tako i smanjenju negativnog utjecaja na okoliš. Ova saznanja pružaju osnovu za daljnje istraživanje i razvoj strategija hranidbe usmjerenih na poboljšanje učinkovitosti mliječnih farmi, s posebnim naglaskom na smanjenje emisija stakleničkih plinova i poboljšanje ekološke održivosti.

## **Rezultati analize varijabilnosti dnevnog sadržaja ureje u mlijeku, dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka te emisije amonijaka po kravi u proizvodnji mlijeka prema stadiju laktacije**

Rezultati prikazani u Tablici 32. nude detaljan pregled varijabilnosti dnevnog sadržaja ureje u mlijeku, dušika u ureji mlijeka i emisije amonijaka po kravi kroz različite stadije laktacije, razdijeljene u razrede od 30 dana. Ova analiza omogućava dublje razumijevanje promjena u metaboličkim parametrima tijekom laktacije i njihovu povezanost s različitim fazama laktacije. Prosječna vrijednost dnevnog sadržaja ureje u mlijeku (UREJA) varira kroz različite faze laktacije. U prvih 30 dana laktacije, prosječna koncentracija ureje iznosi 20,76 mg/dl. Ova vrijednost pokazuje relativno stabilan početak laktacije. Tijekom sljedećih trideset dana, prosječna koncentracija ureje se povećava na 21,41 mg/dl, a taj trend se nastavlja kroz treći i četvrti razred, dostižući 22,34 mg/dl u 120. danu i 22,87 mg/dl u 150. danu. Nakon toga, vrijednosti ureje stabiliziraju se s malim varijacijama, dok u fazi nakon 300 dana laktacije prosječna koncentracija iznosi 21,43 mg/dl. Ova postepena promjena u koncentraciji ureje može biti povezana s promjenama u hranidbenim potrebama krava tijekom laktacije. Na početku laktacije, veći unos proteina i intenzivna proizvodnja mlijeka mogu dovesti do viših koncentracija ureje. S vremenom, dok se proizvodnja mlijeka stabilizira i potrebe za hranom mogu varirati, prosječne vrijednosti ureje se stabiliziraju i eventualno smanjuju. To može ukazivati na smanjenje intenziteta proizvodnje mlijeka i promjene u hranidbenim strategijama. Koeficijent varijabilnosti za sadržaj ureje je najviši u prvih trideset dana laktacije (46,20 %), što sugerira veliku individualnu varijabilnost u ovom razdoblju. Ova visoka varijabilnost može biti rezultat prilagodbe krava na nove hranidbene uvjete i metaboličke promjene nakon partusa. S vremenom, koeficijent varijabilnosti se smanjuje, s najmanjim vrijednostima zabilježenim u 150. danu laktacije (42,46 %). Ova smanjenja varijabilnosti mogu ukazivati na stabilizaciju metabolizma i hranidbenih potreba krava kako se laktacija nastavlja. Slično, prosječne vrijednosti dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka (MUN) također pokazuju trend rasta tijekom ranih faza laktacije. U prvih 30 dana, prosječni MUN iznosi 9,55 mg/dl, a zatim raste do 10,52 mg/dl u 150. danu laktacije. Nakon toga, prosječne vrijednosti MUN se stabiliziraju i blago opadaju do 9,86 mg/dl u fazi nakon 300 dana. Ove promjene su usko povezane s koncentracijom ureje, jer je dušik u ureji mlijeka dio ureje koja se izlučuje kroz mlijeko. Porast MUN u srednjim fazama može ukazivati na povećanu razgradnju proteina i intenzivniju proizvodnju ureje, dok stabilizacija i blagi pad u kasnijim fazama može reflektirati promjene u proizvodnim zahtjevima i hranidbenim potrebama.

Koeficijent varijabilnosti za MUN je također najviši u prvih trideset dana laktacije (46,20 %) i smanjuje se do 42,46 % u 150. danu. Ova visoka varijabilnost u početnim fazama može biti povezana s različitim metaboličkim prilagodbama krava i promjenama u hranidbenim uvjetima nakon partusa. Što se tiče emisije amonijaka (EA), prosječne vrijednosti su u početku 73,02 g/kravi/dan i povećavaju se do 77,91 g/kravi/dan u 150. danu laktacije. Ovaj porast može biti rezultat povećane razgradnje proteina i visoke proizvodnje ureje. Nakon 150. dana, emisija amonijaka se stabilizira ili blago smanjuje, dosegnuvši 74,57 g/kravi/dan u fazi nakon 300 dana. Ova stabilizacija može ukazivati na smanjenje intenziteta proizvodnje mlijeka i promjene u hranidbenim potrebama krava. Koeficijent varijabilnosti za emisiju amonijaka je najviši u prvih trideset dana laktacije (30,38 %) i smanjuje se do 28,73 % u 270. danu. Ova visoka varijabilnost u početnim fazama može biti posljedica različitih metaboličkih odgovora na hranidbene uvjete i promjena u prilagodbi krava nakon partusa. U zaključku, rezultati iz Tablice 32. ukazuju na značajne promjene u koncentraciji ureje, dušika u ureji mlijeka i emisiji amonijaka kroz različite faze laktacije. Ove promjene su povezane s metaboličkim prilagodbama krava na različite faze laktacije i njihove hranidbene potrebe. Razumijevanje tih promjena može pomoći u optimizaciji hranidbe krava, poboljšanju proizvodnih performansi i smanjenju negativnog utjecaja na okoliš, posebno u smislu emisije amonijaka.

### **Rezultati analize varijance utjecaja sezone odnosno procijenjene srednje vrijednosti (LsMeans) dnevnog sadržaja ureje u mlijeku, dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka te dnevne emisije amonijaka po kravi u proizvodnji mlijeka prema sezoni kontrole mliječnosti**

Diskusija rezultata prikazanih u Tablici 33. bavi se sezonskim varijacijama u dnevnom sadržaju ureje u mlijeku, dušika u ureji mlijeka i emisiji amonijaka po kravi u mliječnom stočarstvu. Rezultati pokazuju visoko značajne razlike među različitim sezonama (proljeće, ljeto, jesen, zima), što otvara niz implikacija za upravljanje proizvodnjom mlijeka i kontrolu emisije amonijaka, važnog ekološkog faktora. Dnevni sadržaj ureje u mlijeku, koji se najčešće koristi kao indikator metabolizma proteina i efikasnosti hranidbe, pokazao je najveće vrijednosti tijekom ljeta (25,26 mg/dl), dok su najmanje vrijednosti zabilježene u zimskim mjesecima (20,45 mg/dl). Ovaj sezonski trend može se objasniti kombinacijom čimbenika, uključujući temperaturu, stres izazvan vrućinom i promjene u dostupnosti i kvaliteti stočne hrane. Ljetne temperature, u kombinaciji s povećanim metaboličkim stresom, mogu uzrokovati promjene u apsorpciji i korištenju proteina, što dovodi do povećanja koncentracije ureje u mlijeku.

Suprotno tome, zima karakterizirana nižim temperaturama, uz stabilnije uvjete hranidbe, može pridonijeti boljoj prilagodbi metabolizma i smanjenju razine ureje. Dušik u ureji mlijeka, koji je direktno povezan s razgradnjom proteina i koji daje informacije o ravnoteži dušika u organizmu, također je pokazao sezonske razlike. Najviše vrijednosti dušika u ureji mlijeka zabilježene su u ljetnim mjesecima (11,62 mg/dl), dok su najmanje vrijednosti zabilježene zimi (9,41 mg/dl). Ovaj obrazac sugerira mogućnost utjecaja toplinskog stresa na smanjenje efikasnosti metabolizma proteina, pri čemu se veće količine dušika ne iskorištavaju učinkovito i završavaju kao dušika u ureji mlijeka. Zimski uvjeti, koji smanjuju metabolički stres i možda omogućuju stabilniji unos hranjivih tvari, rezultiraju nižim razinama dušika u ureji mlijeka, što upućuje na efikasniju obradu proteina. Dnevna emisija amonijaka po kravi također pokazuje sličan sezonski trend, pri čemu su najveće emisije zabilježene tijekom ljeta (83,44 g/kravi/dan), a najniže emisije tijekom zime (72,32 g/kravi/dan). Ovaj rezultat ima važne ekološke implikacije jer amonijak, koji nastaje razgradnjom ureje i drugih dušičnih spojeva, značajan je zagađivač zraka. Povećanje emisija amonijaka tijekom ljetnih mjeseci može se pripisati višoj razini ureje i dušika u ureji mlijeka, što je indikator kako organizam krave ne koristi dušik optimalno, a višak se oslobađa u obliku amonijaka. Ovi rezultati jasno pokazuju povezanost između povećanih razina metabolita proteina i emisije amonijaka, posebno u uvjetima stresa izazvanog visokim temperaturama. S druge strane, zimski uvjeti omogućavaju smanjenje emisije amonijaka, vjerojatno zbog manjeg stresa i boljeg metabolizma proteina, čime se smanjuje količina neiskorištenog dušika koja može prijeći u amonijak. Svi navedeni parametri pokazuju statistički vrlo značajne razlike među godišnjim dobima, s p-vrijednostima manjim od 0,0001. Ova visoka razina statističke značajnosti naglašava kako sezonski faktori imaju izrazito jak utjecaj na fiziološke procese krava, što rezultira promjenama u sastavu mlijeka i emisijama plinova. Ključna implikacija ovih rezultata leži u potrebi za sezonskom prilagodbom upravljanja stokom kako bi se minimizirale neželjene posljedice, poput povećanih emisija amonijaka te optimizirala proizvodnja mlijeka. Jedan od važnih aspekata diskusije odnosi se na mogućnost prilagodbe hranidbe krava u različitim sezonama kako bi se smanjila emisija amonijaka. Ako se uzme u obzir kako veće koncentracije ureje i dušika u ureji mlijeka ljeti dovode do većih emisija, poboljšanja u hranidbi tijekom tog razdoblja mogla bi smanjiti ove negativne utjecaje. Primjerice, balansirani unos proteina ili uporaba dodataka hranidbi koji pomažu učinkovitijem korištenju dušika mogli bi pomoći u smanjenju emisije amonijaka.

Uzimajući u obzir sve ove aspekte, rezultati Tablice 33. naglašavaju važnost praćenja sezonskih varijacija i prilagodbe upravljanja farmama kako bi se postigla optimalna ravnoteža između produktivnosti i održivosti. Pravilna hranidba, smanjenje stresa i učinkovitije korištenje hranjivih tvari mogu poboljšati proizvodne parametre, a posljedično imati pozitivan učinak na okoliš smanjujući emisiju amonijaka, što je ključni cilj modernog održivog stočarstva.

**Rezultati analize varijance utjecaja regije uzgoja odnosno procijenjene srednje vrijednosti (LsMeans) dnevnog sadržaja ureje u mlijeku, dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka te dnevne emisije amonijaka po kravi u proizvodnji mlijeka prema regiji uzgoja mliječnih krava**

Diskusija rezultata iz Tablice 34. pruža uvid u regionalne varijacije u dnevnom sadržaju ureje i dušika u ureji mlijeka te emisiji amonijaka po kravi u tri glavne regije Hrvatske: središnjoj, istočnoj i mediteranskoj. Ove varijacije mogu se pripisati različitim klimatskim uvjetima, tipovima hranidbe, upravljanju farmama i fiziološkim adaptacijama životinja. Svaka regija ima specifične izazove i prilike za optimizaciju proizvodnje mlijeka i smanjenje ekološkog otiska, posebno u pogledu emisije amonijaka, koji ima značajne posljedice za okoliš. Prema podacima iz tablice, središnja Hrvatska pokazuje najniže vrijednosti za sva tri analizirana parametra: dnevni sadržaj ureje u mlijeku (19,98 mg/dl), dnevni sadržaj dušika u ureji mlijeka (9,19 mg/dl) i emisiju amonijaka (71,22 g/kravi/dan). Ova regija, s umjerenom klimom i relativno stabilnim uvjetima uzgoja, pokazuje najefikasniji metabolizam proteina kod krava. Niže razine ureje i dušika u ureji mlijeka ukazuju na optimalniji omjer proteina i energije u hranidbi, što omogućava učinkovitije iskorištavanje unesenih proteina bez prekomjerne sinteze ureje. Ovi rezultati sugeriraju kako se u središnjoj Hrvatskoj krave nalaze u optimalnim uvjetima za pretvorbu proteina iz hrane u mlijeko, s minimalnim gubicima u obliku ureje i nižom emisijom amonijaka. To je važan zaključak jer niža emisija amonijaka znači smanjenje zagađenja zraka i tla, što pridonosi održivijoj poljoprivredi. Nasuprot tome, istočna Hrvatska pokazuje značajno više vrijednosti za sve parametre: dnevni sadržaj ureje (23,10 mg/dl), dnevni sadržaj dušika u ureji mlijeka (10,63 mg/dl) i emisiju amonijaka (78,46 g/kravi/dan). Ova regija, poznata po intenzivnijoj poljoprivrednoj proizvodnji, može se suočavati s izazovima vezanim uz prilagodbu hranidbe krava u skladu s potrebama životinja i klimatskim uvjetima. Više razine ureje i dušika u ureji mlijeka mogu ukazivati na prekomjeran unos proteina ili manje učinkovit metabolizam dušika. S obzirom na visoke razine ureje koje ukazuju na neravnotežu u hranidbi, to može dovesti do gubitka proteina u obliku ureje i povećane emisije amonijaka.

Istočna Hrvatska, s bogatim poljoprivrednim resursima, može iskoristiti rezultate ovih istraživanja za optimizaciju hranidbe krava i poboljšanje efikasnosti proizvodnje, čime bi se smanjile emisije i povećala ekonomska održivost farme. Najviše vrijednosti dnevnog sadržaja ureje u mlijeku (24,06 mg/dl), dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka (11,07 mg/dl) i emisije amonijaka (80,66 g/kravi/dan) zabilježene su u mediteranskoj Hrvatskoj. Ova regija suočava se s posebnim izazovima vezanim uz klimu, poput visokih temperatura i sušnih razdoblja, što može negativno utjecati na metabolizam krava i njihovu sposobnost učinkovitog korištenja proteina iz hrane. Toplinski stres može dovesti do povećane razgradnje proteina i povećane sinteze ureje, što rezultira višim vrijednostima dušika u ureji mlijeka i ureje u mlijeku. Ovi faktori pridonose većoj emisiji amonijaka, koja je povezana s negativnim utjecajima na okoliš, poput zagađenja zraka, kiselih kiša i eutrofikacije tla. Visoke emisije u ovoj regiji predstavljaju poseban izazov s obzirom na ciljeve održivosti i ekološke standarde koje poljoprivreda mora ispuniti. Potrebno je razmotriti strategije smanjenja toplinskog stresa, poput poboljšanja uvjeta držanja i prilagodbe hranidbe kako bi se smanjila emisija amonijaka. Ove regionalne razlike imaju važne reperkusije za upravljanje farmama u Hrvatskoj. Niže vrijednosti u središnjoj Hrvatskoj sugeriraju manji stres krava u toj regiji te bolju usklađenost uvjeta hranidbe s njihovim potrebama. S druge strane, istočna i mediteranska Hrvatska pokazuju veće vrijednosti ureje i dušika u ureji mlijeka, što ukazuje na potencijal za optimizaciju hranidbe i upravljanja farmama kako bi se smanjila emisija amonijaka. Povećana emisija amonijaka u tim regijama predstavlja ekološki izazov koji treba riješiti kroz prilagodbu strategija upravljanja, a rezultati ove studije mogu poslužiti kao temelj za donošenje odluka o poboljšanju učinkovitosti u poljoprivrednoj proizvodnji. Klimatski uvjeti, poput topline i vlažnosti, specifični za svaku regiju, očito igraju važnu ulogu u metabolizmu krava i emisiji amonijaka. U toplijim regijama, poput mediteranske Hrvatske, krave su izložene većem toplinskom stresu, što može otežati učinkovitu pretvorbu proteina i povećati sintezu ureje. Ovaj rezultat upućuje na potrebu za dodatnim istraživanjima koja bi razmatrala kako klimatski uvjeti i stres utječu na metabolizam krava te kako bi se moglo prilagoditi hranidbu i strategije upravljanja s ciljem smanjenja negativnog utjecaja na okoliš. U konačnici, diskusija ovih rezultata upućuje na potrebu za regionalnim prilagodbama u stočarskoj proizvodnji kako bi se postigli optimalni rezultati. Središnja Hrvatska pokazuje primjere dobre prakse u smislu učinkovitog metabolizma proteina i niske emisije amonijaka, dok istočna i mediteranska Hrvatska zahtijevaju ciljane intervencije u hranidbi i upravljanju farmama kako bi se smanjile emisije i poboljšala učinkovitost proizvodnje.



**Rezultati analize varijance utjecaja redoslijeda laktacije odnosno procijenjene srednje vrijednosti (LsMeans) dnevnog sadržaja ureje u mlijeku, dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka te dnevne emisije amonijaka po kravi u proizvodnji mlijeka prema redoslijedu laktacije**

Rezultati prikazani u Tablici 35. ukazuju na značajne razlike u dnevnom sadržaju ureje i dušika u ureji mlijeka, kao i u dnevnoj emisiji amonijaka po kravi u proizvodnji mlijeka, ovisno o redoslijedu laktacije. Ti rezultati jasno pokazuju kako redoslijed laktacije ima utjecaj na metaboličke procese krava, osobito na način na koji krave koriste proteine iz hranidbe te na količinu proizvedenih emisija amonijaka. Krave u prvoj laktaciji (prvotelke) imaju najviše vrijednosti za sva tri parametra: dnevni sadržaj ureje u mlijeku (22,86 mg/dl), dnevni sadržaj dušika u ureji mlijeka (10,51 mg/dl) i emisiju amonijaka (77,89 g/kravi/dan). To može biti povezano s fiziološkim promjenama i zahtjevima koje krave doživljavaju tijekom prve laktacije, kada se tijelo prilagođava proizvodnji mlijeka. Prvotelke su još uvijek u fazi rasta i razvoja, što povećava njihove potrebe za proteinima i energijom, a metabolički procesi mogu biti manje efikasni u pretvorbi unesenih proteina u mlijeko. Kao rezultat, dolazi do povećane sinteze ureje i dušika u ureji mlijeka, što dovodi do većih gubitaka proteina putem urina i fecesa te povećane emisije amonijaka. To je posebno važno jer visoka emisija amonijaka ima negativan utjecaj na okoliš, pridonoseći zagađenju zraka i tla. Kako krave ulaze u drugu laktaciju, dnevni sadržaj ureje blago se povećava na 23,07 mg/dl, dok emisija amonijaka raste na 78,38 g/kravi/dan. Ove vrijednosti pokazuju kako krave u drugoj laktaciji i dalje pokazuju visoke metaboličke zahtjeve, no razlike u odnosu na prvu laktaciju su relativno male. Ovo bi moglo ukazivati na to kako krave u ovoj fazi još uvijek nisu postigle optimalnu efikasnost u korištenju hranjivih tvari, što dovodi do kontinuiranih gubitaka proteina i relativno visoke emisije amonijaka. Od treće laktacije nadalje, uočava se opadajući trend u svim parametrima. U trećoj laktaciji dnevni sadržaj ureje smanjuje se na 22,58 mg/dl, dok emisija amonijaka opada na 77,24 g/kravi/dan. Ovaj pad sugerira kako su krave u trećoj laktaciji metabolički efikasnije te bolje koriste proteine iz hrane, smanjujući proizvodnju ureje i dušika u ureji mlijeka. To može biti rezultat stabilizacije metabolizma u kasnijim laktacijama, kada se krave prilagođavaju procesu proizvodnje mlijeka i postaju efikasnije u pretvorbi hranjivih tvari u mlijeko. Ova faza također može biti povezana s poboljšanim upravljanjem hranidbom, gdje se hrana bolje usklađuje s potrebama krava, smanjujući gubitke dušika i emisiju amonijaka. Sličan obrazac primjećuje se u četvrtoj laktaciji, gdje se vrijednosti dodatno smanjuju. Dnevni sadržaj ureje iznosi 22,04 mg/dl, a emisija amonijaka smanjuje se na 75,99 g/kravi/dan.

Ovaj kontinuirani pad ukazuje na to kako krave postaju još učinkovitije u iskorištavanju hranjivih tvari. Manji gubitak ureje u mlijeku i smanjenje emisije amonijaka sugeriraju stabilnije metaboličke procese, a kravama je potreban manji unos proteina kako bi postigle iste proizvodne rezultate. Najniže vrijednosti zabilježene su kod krava u petoj i višim laktacijama. Dnevni sadržaj ureje iznosi 21,35 mg/dl, dnevni sadržaj dušika u ureji mlijeka 9,82 mg/dl, a emisija amonijaka 74,41 g/kravi/dan. Ovi rezultati ukazuju na to kako su krave u kasnijim fazama reproduktivnog života postigle maksimalnu efikasnost u iskorištavanju proteina i smanjivanju metaboličkih gubitaka. Smanjena emisija amonijaka također je pozitivan indikator jer ukazuje na manji negativan utjecaj na okoliš. Krave u ovoj fazi laktacije mogu imati niže hranidbene potrebe, što doprinosi smanjenju emisija. Zaključno, ovi rezultati jasno pokazuju značajan utjecaj redosljeda laktacije na sadržaj ureje, dušika u ureji mlijeka i emisiju amonijaka. Visoke vrijednosti u prvim laktacijama ukazuju na veće fiziološko opterećenje krava u ranim fazama reproduktivnog života, što rezultira većim metaboličkim gubicima. Kako se krave približavaju trećoj laktaciji i dalje, uočava se poboljšana metabolička efikasnost i smanjenje emisije amonijaka, što doprinosi smanjenju zagađenja okoliša. Ovi rezultati naglašavaju važnost prilagodbe hranidbe i upravljanja farmama u različitim fazama laktacije kako bi se postigla optimalna učinkovitost u proizvodnji mlijeka i smanjila emisija štetnih plinova.

### **Rezultati analize varijance utjecaja stadija laktacije odnosno procijenjene srednje vrijednosti (LsMeans) dnevnog sadržaja ureje u mlijeku, dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka te dnevne emisije amonijaka po kravi u proizvodnji mlijeka prema stadiju laktacije**

Rezultati prikazani u Tablici 36., koji se odnose na utjecaj stadija laktacije na dnevni sadržaj ureje i dušika u ureji mlijeka te emisiju amonijaka, pružaju važan uvid u metaboličke promjene kod krava tijekom različitih faza laktacije. Uočene varijacije u vrijednostima tih parametara kroz različite stadije laktacije odražavaju različite fiziološke zahtjeve krava u fazama visoke, stabilne i opadajuće proizvodnje mlijeka. Ova analiza ističe važnost prilagođene hranidbe i upravljanja stadijima laktacije radi poboljšanja metaboličke učinkovitosti i smanjenja ekoloških opterećenja u obliku emisije amonijaka. U prvoj fazi laktacije, koja pokriva prvih sto dana, dnevni sadržaj ureje u mlijeku iznosi 21,86 mg/dl, dok je emisija amonijaka 75,59 g/kravi/dan. Ove vrijednosti su relativno niske u usporedbi s drugim fazama laktacije, što može biti rezultat intenzivnih fizioloških potreba krava u ranom postporođajnom periodu.

U ovoj fazi, krave proizvode najviše mlijeka, što zahtijeva visoku razinu metabolizma proteina. Međutim, u ovoj fazi, većina unesenih proteina koristi se za sintezu mlijeka pa je količina neiskorištenog dušika, a time i ureje i emisije amonijaka, niža. Krave u ranom stadiju laktacije zahtijevaju pravilno balansiranu hranidbu s dovoljno proteina kako bi se podržala proizvodnja mlijeka, ali i kako bi se izbjeglo prekomjerno nakupljanje ureje, što bi moglo imati negativan učinak na zdravlje krave. U drugom stadiju laktacije, od 101. do 200. dana, zabilježene su najviše vrijednosti dnevnog sadržaja ureje u mlijeku (23,13 mg/dl) i emisije amonijaka (78,51 g/kravi/dan). Ova faza predstavlja period stabilne laktacije kada proizvodnja mlijeka ostaje visoka, ali se smanjuje potreba za hranjivim tvarima u odnosu na prvu fazu. Međutim, visoke razine ureje i emisija amonijaka u ovoj fazi sugeriraju kako krave možda ne iskorištavaju proteine iz hrane na optimalan način. To bi moglo ukazivati na prekomjerni unos proteina ili lošiju efikasnost pretvorbe proteina u mlijeko, što rezultira viškom dušika koji se pretvara u ureju i izlučuje putem urina i izmeta. Ovaj višak dušika dovodi do povećane emisije amonijaka, što predstavlja značajan ekološki problem. Visoke razine emisije amonijaka u ovoj fazi upućuju na potrebu za prilagođavanjem hranidbe, kako bi se smanjio višak proteina i optimizirala efikasnost iskorištavanja hranjivih tvari. Tijekom trećeg stadija laktacije (201. do 300. dan), dolazi do smanjenja vrijednosti svih parametara, pri čemu dnevni sadržaj ureje u mlijeku iznosi 22,44 mg/dl, a emisija amonijaka pada na 76,93 g/kravi/dan. Ovo smanjenje sugerira poboljšanje metaboličke efikasnosti kod krava jer je proizvodnja mlijeka u ovoj fazi nešto niža, a krave troše manje proteina. To ukazuje na stabilizaciju metabolizma, pri čemu dolazi do smanjenja metaboličkih gubitaka, što je povoljno za zdravlje krava, ali i za okoliš, zbog manje emisije amonijaka. U četvrtoj fazi laktacije, koja pokriva više od 300 dana laktacije, zabilježene su najniže vrijednosti dnevnog sadržaja ureje (21,74 mg/dl) i emisije amonijaka (75,31 g/kravi/dan). Ova faza laktacije predstavlja period kada se proizvodnja mlijeka značajno smanjuje, a metabolički zahtjevi krava opadaju. Krave u ovoj fazi najefikasnije koriste proteine iz hrane, što dovodi do manjeg stvaranja ureje i niže emisije amonijaka. Ova faza pokazuje stabilizaciju metabolizma krava te smanjenje gubitaka proteina, što je ekološki i ekonomski korisno. Rezultati iz Tablice 36. pokazuju značajan utjecaj stadija laktacije na parametre povezane s iskorištavanjem proteina i emisijom amonijaka. U prvoj fazi laktacije, krave imaju niže razine ureje i emisije amonijaka zbog visoke iskorištenosti proteina za proizvodnju mlijeka. U drugoj fazi dolazi do povećanja ureje i emisije amonijaka, što ukazuje na manju efikasnost iskorištavanja proteina. U kasnijim fazama, dolazi do smanjenja ovih parametara, čime krave postaju metabolički efikasnije.

Ovi rezultati naglašavaju važnost prilagođene hranidbe u različitim fazama laktacije, kako bi se postigla optimalna proizvodnja mlijeka, smanjila emisija amonijaka i poboljšala ekonomska i ekološka održivost proizvodnje mlijeka.

### **Rezultati analize varijance utjecaja stadija laktacije odnosno procijenjene srednje vrijednosti (LsMeans) dnevnog sadržaja ureje u mlijeku, dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka te dnevne emisije amonijaka po kravi u proizvodnji mlijeka prema stadiju laktacije**

Rezultati iz Tablice 37 pružaju uvid u utjecaj stadija laktacije na dnevni sadržaj ureje u mlijeku, sadržaj dušika u ureji mlijeka i emisiju amonijaka. Stadiji laktacije su razdijeljeni u razrede od po 30 dana, što omogućava detaljno praćenje promjena u metabolizmu krava tijekom različitih faza laktacije. Tijekom prvih trideset dana laktacije (stadij I), zabilježene su najniže vrijednosti dnevnog sadržaja ureje u mlijeku (21,12 mg/dl) i dnevne emisije amonijaka (73,86 g/kravi/dan). Ove niske vrijednosti mogu se pripisati intenzivnom procesu adaptacije krava na proizvodnju mlijeka, gdje je veliki dio proteina usmjeren na proizvodnju mlijeka, smanjujući time višak ureje i amonijaka. U ovoj fazi, visoka učinkovitost korištenja proteina sugerira kako hranidba krava zadovoljava njihove potrebe za proteinima. U drugom stadiju laktacije, vrijednosti dnevnog sadržaja ureje u mlijeku i emisije amonijaka blago rastu, dosegnuvi 21,86 mg/dl i 75,59 g/kravi/dan. Ovo blago povećanje može ukazivati na smanjenje učinkovitosti korištenja proteina, što može biti posljedica početnih promjena u hranidbenim potrebama krava ili prilagodbi na novu hranidbu. U trećem stadiju laktacije, sadržaj ureje u mlijeku i emisija amonijaka nastavljaju rasti, dostižući 22,60 mg/dl i 77,29 g/kravi/dan. Ovo povećanje može značiti daljnje smanjenje učinkovitosti korištenja proteina, što može ukazivati na potrebu za prilagodbom hranidbe kako bi se poboljšala iskoristivost proteina. Četvrti stadij laktacije pokazuje slične rezultate kao treći, s dnevnim sadržajem ureje od 22,66 mg/dl i emisijom amonijaka od 77,44 g/kravi/dan. Stabilnost u ovim vrijednostima može ukazivati na to kako su krave prilagodile hranidbu i proizvodnju mlijeka, ali visoke razine ureje i amonijaka još uvijek mogu ukazivati na potrebu za dodatnim prilagodbama u hranidbenim strategijama. Peti stadij laktacije pokazuje povećanje dnevnog sadržaja ureje na 23,25 mg/dl i dnevne emisije amonijaka na 78,79 g/kravi/dan. Ovo povećanje ukazuje na smanjenu učinkovitost korištenja proteina, što može biti rezultat iscrpljivanja nutritivnih resursa ili potrebe za boljom prilagodbom hranidbe. Šesti stadij laktacije pokazuje slične rezultate kao peti, s dnevnim sadržajem ureje od 23,10 mg/dl i emisijom amonijaka od 78,45 g/kravi/dan.

Ova stabilnost visoke koncentracije može sugerirati kako hranidbeni režim ne reagira dovoljno dinamično na promjene u metabolizmu krava, što može zahtijevati dodatne prilagodbe za poboljšanje efikasnosti korištenja proteina. U sedmom stadiju laktacije, dnevni sadržaj ureje smanjuje se na 22,89 mg/dl, a emisija amonijaka pada na 77,97 g/kravi/dan. Ova poboljšanja mogu ukazivati na uspješno prilagođavanje hranidbe dugotrajnoj proizvodnji i poboljšanu efikasnost korištenja proteina. Osmi stadij laktacije pokazuje slične rezultate kao sedmi, s dnevnim sadržajem ureje od 22,62 mg/dl i emisijom amonijaka od 77,34 g/kravi/dan. Stabilnost u ovim vrijednostima sugerira postizanje ravnoteže krava između proizvodnje mlijeka i efikasnosti korištenja proteina. Deveti stadij laktacije pokazuje smanjenje dnevnog sadržaja ureje na 22,36 mg/dl te emisije amonijaka na 76,74 g/kravi/dan. Ovo poboljšanje može ukazivati na prilagodbu hranidbenih potreba i poboljšano iskorištavanje proteina. Posljednji stadij laktacije (više od tristo dana, XI) pokazuje smanjenje dnevnog sadržaja ureje na 21,74 mg/dl i emisiju amonijaka na 75,30 g/kravi/dan. Ovo smanjenje može ukazivati na smanjenje proizvodnje mlijeka i stabilizaciju metaboličkih procesa, što rezultira poboljšanom efikasnošću korištenja proteina i smanjenom proizvodnjom ureje i amonijaka. Sveukupno, rezultati iz Tablice 37. pokazuju kako se metabolizam krava i njihove nutritivne potrebe mijenjaju kroz različite faze laktacije. U ranim fazama, koncentracije ureje i emisije amonijaka su relativno niske, dok kasnije rastu i stabiliziraju se. Ovi rezultati naglašavaju važnost prilagodbe hranidbe kako bi se optimizirala proizvodnja mlijeka i smanjila emisija amonijaka tijekom svih faza laktacije, čime se poboljšava efikasnost korištenja proteina i smanjuju ekološki utjecaji.

**Stupanj slobode (df), koeficijent determinacije ( $R^2$ ), koeficijent varijabilnosti pogreške ( $KV_e$ ), standardna devijacija pogreške ( $\sigma_e$ ) i regresijski koeficijent (b) statističkih modela za procjenu emisije amonijaka temeljem parametara mliječnosti**

Tablica 38. pruža detaljan uvid u učinkovitost različitih statističkih modela za procjenu emisije amonijaka u mlijeku. Ova analiza uključuje nekoliko modela koji se razlikuju u broju uključenih varijabli, uključujući linearnu regresiju i različite fiksne utjecaje poput stadija laktacije, redoslijeda laktacije, sezone i regije. Ocjene modela temelje se na nekoliko ključnih statističkih mjera: stupanj slobode, koeficijent determinacije ( $R^2$ ), koeficijent varijabilnosti pogreške ( $KV_e$ ), standardna devijacija pogreške ( $\sigma_e$ ) i regresijski koeficijent (b). Za modeliranje dnevne količine mlijeka, model A, koji koristi samo linearnu regresiju, pokazuje vrlo nizak koeficijent determinacije ( $R^2 = 0,028$ ), što ukazuje kako ovaj model samo slabo objašnjava varijabilnost u emisiji amonijaka.

S obzirom na to kako ovaj model ne uključuje dodatne varijable osim osnovnog linearnog odnosa između dnevne količine mlijeka i emisije amonijaka, jasno je kako dodatni parametri mogu značajno poboljšati predikciju. Dodavanje stadija laktacije u model B ne donosi značajno poboljšanje u  $R^2$ , dok modeli C, D i E, koji uključuju dodatne varijable kao što su redosljed laktacije, sezona i regija, pokazuju postupno povećanje koeficijenta determinacije. Model E, koji uključuje sve ove varijable, postiže najviši  $R^2$  od 0,093, što sugerira kako dodavanje više varijabli poboljšava sposobnost modela za objašnjavanje varijacija emisije amonijaka. Standardna devijacija pogreške smanjuje dodavanjem dodatnih varijabli, što ukazuje kako se točnost procjena poboljšava, iako visoka vrijednost koeficijenta varijabilnosti pogreške ukazuje na značajnu neobjašnjenu varijabilnost u modelu. U kontekstu modeliranja dnevnog sadržaja proteina, inicijalni modeli (A i B) pružaju vrlo niske koeficijente determinacije, što ukazuje na slabu sposobnost tih modela u objašnjavanju varijacija emisije amonijaka. Dodavanjem dodatnih parametara u modele C do E, koeficijent determinacije raste, dosegnuvši 0,078 u modelu E. Ovo ukazuje na poboljšanje u sposobnosti modela u predviđanju emisije amonijaka uključivanjem svih analiziranih utjecaja. Iako standardna devijacija pogreške opada s dodatnim varijablama, još uvijek postoji značajna količina varijabilnosti koja ostaje neobjašnjena. Koeficijent varijabilnosti pogreške se smanjuje, što implicira kako su procjene preciznije u modelima s većim brojem uključenih varijabli. Za modeliranje dnevnog sadržaja mliječne masti, početni modeli također pokazuju nisku sposobnost objašnjavanja varijacije u emisiji amonijaka ( $R^2 = 0,001$  za model A i  $R^2 = 0,005$  za model B). Dodavanje dodatnih varijabli u modele C do E poboljšava rezultate, s modelom E koji postiže  $R^2$  od 0,070. Ovo poboljšanje ukazuje kako uključivanje dodatnih varijabli poboljšava sposobnost modela u obuhvaćanju varijacija u emisiji amonijaka. Ipak, i dalje postoji značajna količina neobjašnjene varijabilnosti, što sugerira moguću potrebu dodatnih varijabli ili drukčije pristupe za daljnje poboljšanje točnosti modela. Standardna devijacija pogreške i koeficijent varijabilnosti pogreške poboljšavaju se s dodavanjem dodatnih parametara, ukazujući kako su modeli s više varijabli precizniji, iako visoka razina varijabilnosti u procjenama ostaje prisutna. Sveukupno, rezultati prikazani u Tablici 38. jasno pokazuju kako dodavanje više fiksnih utjecaja poboljšava sposobnost modela u predviđanju emisije amonijaka, iako koeficijent determinacije ne doseže visoke vrijednosti. Ovi nalazi sugeriraju postojanje dodatnih faktora koji možda nisu uključeni u trenutne modele, a koji bi mogli dodatno poboljšati preciznost procjena.

Unatoč poboljšanjima u točnosti koja se postižu dodavanjem varijabli, još uvijek postoji značajna količina varijabilnosti u emisiji amonijaka koja ostaje neobjašnjena, što ukazuje na potrebu za daljnjim istraživanjima i poboljšanjima u modeliranju.

**Stupanj slobode (df), koeficijent determinacije ( $R^2$ ), koeficijent varijabilnosti pogreške ( $KV_e$ ) i standardna devijacija pogreške ( $\sigma_e$ ) i regresijski koeficijent (b) statističkih modela za procjenu emisije amonijaka temeljem parametara hranidbe**

Rezultati prikazani u Tablici 39. nude uvid u učinkovitost različitih statističkih modela za procjenu emisije amonijaka temeljenih na različitim parametrima hranidbe, uključujući konzumiranu suhu tvar, metionin, lizin i neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom. Svaki model koristi različite kombinacije varijabli kao što su redoslijed laktacije, sezona kontrole i farma. Analiza ovih rezultata omogućuje evaluaciju prediktivnih sposobnosti modela i njihovu sposobnost u objašnjavanju varijabilnosti u emisiji amonijaka. Za konzumiranu suhu tvar, rezultati pokazuju kako modeli s jednom varijablom, kao što je model A, imaju vrlo nizak koeficijent determinacije ( $R^2 = 0,004$ ). Ovaj rezultat sugerira kako sama konzumirana suha tvar ne pruža značajnu količinu informacija za predviđanje emisije amonijaka. Dodavanje dodatnih varijabli kao što su redoslijed laktacije (P), sezona (S), i farma (F) u modele B, C, i D donosi blago poboljšanje u koeficijentu determinacije, s maksimalnim  $R^2$  od 0,044. Iako ovo poboljšanje postoji, standardna devijacija pogreške ostaje visoka, što ukazuje kako se značajan dio varijabilnosti emisije amonijaka ne može objasniti samo na temelju konzumirane suhe tvari i dodatnih varijabli u modelima. Kod metionina, početni modeli A i B također pokazuju niske koeficijente determinacije ( $R^2 = 0,001$  i  $0,009$ ), što ukazuje na slabu povezanost između metionina i emisije amonijaka. Poboljšanje je zabilježeno dodavanjem redoslijeda laktacije, sezone i farme u modele C i D, s koeficijentom determinacije koji raste do 0,043. Ipak, standardna devijacija pogreške ostaje visoka, što sugerira kako metionin, s dodanim varijablama, ne pruža dovoljno informacija za precizno modeliranje emisije amonijaka. Lizin pokazuje slične rezultate. Početni modeli A i B imaju vrlo niske koeficijente determinacije ( $R^2 = 0,001$  i  $0,008$ ). I ovdje, dodavanje varijabli kao što su redoslijed laktacije, sezona i farma poboljšava koeficijent determinacije na 0,041, ali standardna devijacija pogreške ostaje visoka. To sugerira kako lizin također nije snažan prediktor emisije amonijaka, iako može biti koristan u kombinaciji s drugim varijablama. Za neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom, rezultati su nešto povoljniji. Modeli A i B daju koeficijent determinacije od 0,012 i 0,017, što ukazuje na bolju, ali još uvijek ograničenu sposobnost objašnjavanja emisije amonijaka.

S daljnjim uključivanjem varijabli u modele C i D, koeficijent determinacije raste do 0,051. Ovdje se također primjećuje smanjenje standardne devijacije pogreške, što ukazuje na poboljšanje u preciznosti modela. Ovo sugerira kako neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom, u kombinaciji s drugim varijablama, nude korisne informacije za modeliranje emisije amonijaka. Kao zaključak, iako postoji poboljšanje u prediktivnim sposobnostima modela s dodatnim varijablama, svi modeli i dalje imaju visoku standardnu devijaciju pogreške, što sugerira kako se značajan dio varijabilnosti emisije amonijaka ne može objasniti trenutačnim modelima. Ovo ukazuje na potrebu za daljnjim istraživanjima i potencijalnim poboljšanjima u modeliranju, uključujući razmatranje dodatnih varijabli i sofisticiranijih statističkih tehnika. U budućim analizama moglo bi biti korisno uključiti više varijabli, poboljšati kvalitetu prikupljenih podataka i razmotriti naprednije metode analize kako bi se bolje razumjela i precizno predvidjela emisija amonijaka u proizvodnji mlijeka.



## 5. ZAKLJUČCI

Glavni cilj istraživanja bio je utvrditi varijabilnost dnevne proizvodnje mlijeka, dnevnog sadržaja ureje i dušika u ureji mlijeka te procijenjene dnevne emisije amonijaka kod mliječnih krava. Na temelju dobivenih rezultata, razvoj modela optimizacije hranidbe trebao je omogućiti smanjenje emisije amonijaka s mliječnih farmi, pridonoseći ekološki i ekonomski održivoj proizvodnji mlijeka kroz tehnologije preciznog mliječnog govedarstva te su na osnovi njih izvedeni sljedeći zaključci:

- fenotipska varijabilnost pokazuje kako sezona kontrole mliječnosti, regija uzgoja, stadij i redoslijed laktacije značajno utječu na proizvodnju mlijeka te sadržaj masti i proteina. Najveća proizvodnja mlijeka bilježi se u proljeće, dok je istočna Hrvatska područje s najvišom proizvodnjom. Početak laktacije i treća laktacija su ujedno i periodi vrhunske produktivnosti, dok se nakon njih proizvodnja smanjuje.

- analizom je utvrđena značajna varijabilnost u unosu suhe tvari, metaboličkoj energiji i metaboličkom proteinu, kalciju, fosforu, balansu kalcija u odnosu na potrebe, balansu fosfora u odnosu na potrebe, neutralnim deterdžent vlaknima, neutralnim deterdžent vlaknima iz voluminoznih krmiva, neutralnim deterdžent vlaknima iz voluminoznih krmiva na osnovi tjelesne mase, udjelu NDV-a iz voluminoze u ukupnom NDV-u; neutralnim deterdžent vlaknima determiniranih amilazom na osnovi tjelesne mase, eterskom ekstraktu, fizički efektivnim vlaknima, neutralnim deterdžent vlaknima determiniranih amilazom, sirovom proteinu obroka te nerazgradivim proteinima, među farmama i sezonama. Sezonske promjene i razlike među farmama naglašavaju potrebu za prilagodbom hranidbenih strategija za optimizaciju proizvodnje mlijeka i zdravlje krava. Varijabilnost u sadržaju minerala kao što su kalcij i fosfor te vlakna i proteini, također ukazuje na potrebu za prilagodbom formulacija krmiva u skladu s godišnjim dobima i specifičnostima farmi.

- analize korelacija pokazale su slab odnos između proizvodnje mlijeka i emisije amonijaka, sugerirajući kako povećanje proizvodnje mlijeka nije nužno povezano s proporcionalnim povećanjem emisije amonijaka. Unos suhe tvari i nutritivni parametri poput metaboličke energije imali su minimalan utjecaj na emisiju amonijaka. Korelacije između emisije amonijaka i nutritivnih sastojaka poput kalcija, fosfora i vlakana bile su vrlo slabe, što upućuje kako se smanjenje emisije amonijaka može postići kroz druge metode optimizacije osim prilagodbe hranidbenih parametara.

- evaluirani statistički modeli za procjenu emisije amonijaka na temelju rezultata kontrole mliječnosti pokazali su kako dodavanje fiksnih utjecaja kao što su stadij i redoslijed laktacije, sezona i regija uzgoja poboljšava sposobnost modela u objašnjavanju varijacije emisije amonijaka, ali još uvijek postoji značajna količina neobjašnjene varijabilnosti. Model E, koji uključuje sve ove varijable, pokazuje najveću sposobnost objašnjavanja varijacija, ali visoka standardna devijacija pogreške sugerira potrebu za dodatnim istraživanjima i sofisticiranijim modelima.

- evaluirani statistički modeli za modeli za procjenu emisije amonijaka na temelju odabranih parametara kemijskog sastava krmiva koji se baziraju na konzumiranoj suhoj tvari, metioninu, lizinu i neutralnim deterdžent vlaknima determiniranim amilazom pokazali su nisku sposobnost objašnjavanja varijabilnosti emisije amonijaka. Dodavanje varijabli kao što su redoslijed laktacije, sezona i farma donosi blaga poboljšanja, ali standardna devijacija pogreške ostaje visoka, što upućuje na nedostatak potpune objašnjivosti trenutnih modela.

- dodavanje više varijabli u modele poboljšava njihovu sposobnost predviđanja emisije amonijaka, no preostaje značajan dio neobjašnjene varijabilnosti. Potrebna su dodatna istraživanja i razvoj naprednijih modela koji bi uključivali dodatne varijable i sofisticiranije statističke tehnike za efikasno smanjenje emisije amonijaka i optimizaciju hranidbenih strategija.

U konačnici, istraživanje pokazuje kako sezonske i regionalne varijacije, kao i specifičnosti stadija i redoslijeda laktacije, značajno utječu na proizvodnju mlijeka, sastav mlijeka te emisiju amonijaka. Varijabilnost u nutritivnim parametrima krmiva naglašava potrebu za prilagodbom hranidbenih strategija. Postoji značajna količina neobjašnjene varijabilnosti u emisiji amonijaka, što upućuje na potrebu za razvojem naprednijih modela i tehnika za bolje razumijevanje i optimizaciju utjecaja hranidbe na emisiju amonijaka.

## 6. LITERATURA

1. Abbasi, I.H.R., Abbasi, F., Liu, L., Bodinga, B.M., Abdel-Latif, M.A., Swelum, A.A., Cao, Y. (2019.): Rumen-protected methionine a feed supplement to low dietary protein: effects on microbial population, gases production and fermentation characteristics. *AMB Expr* 9, 93 (2019). <https://doi.org/10.1186/s13568-019-0815-4>
2. Agriculture and Horticulture Development Board, ADHB (2024.): Ammonia emissions on dairy farms.
3. Allen, M. S. (2000.): Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 83(7), 1598-1624.
4. Antanaitis, R., Džermeikaitė, K., Januškevičius, V., Šimonytė, I., Baumgartner, W. (2023.): In-Line Registered Milk Fat-to-Protein Ratio for the Assessment of Metabolic Status in Dairy Cows. *Animals* 13(20): 3293. <https://doi.org/10.3390/ani13203293>
5. Ariyaratne, H.B.P.C., Correa-Luna, M., Blair, H.T., Garrick, D.J., Lopez-Villalobos, N. (2021.): Identification of Genomic Regions Associated with Concentrations of Milk Fat, Protein, Urea and Efficiency of Crude Protein Utilization in Grazing Dairy Cows. *Genes*, 12(3), 456. <https://doi.org/10.3390/genes12030456>
6. Arsov, A., Golc, S., Kastelic, D. (1986.): Higiensko pridobivanje mleka. Knjižica za pospeševanje kmetijstva. Ljubljana, ČZP Kmečki glas: 125 str.
7. Auernhammer, H. (2001.): Precision farming - the environmental challenge. *Computers and Electronics in Agriculture*. Volume 30, Issues 1–3, Pages 31-43.
8. Behera, S.N., Sharma, M., Aneja, V.P., Balasubramanian, R. (2013.): Ammonia in the atmosphere: a review on emission sources, atmospheric chemistry and deposition on terrestrial bodies. *Environmental Science and Pollution Research*, 20, 8092–8131. <https://doi.org/10.1007/s11356-013-2051-9>
9. Belyea, R. L., Steevens, B., Garner, G., Whittier, J. C., Sewell, H. (1993.): Using NDV and ADF to Balance Diets. MU Extension.
10. Bijgaart, H. van den. (2003.): Urea. New applications of mid–infra–red spectrometry. *Bulletin of the IDF* 383, 5–15.
11. Bokharaeian, M., Toghdory, A., Ghoorchi, T., Ghassemi Nejad, J., Esfahani, I.J. (2023.): Quantitative Associations between Season, Month, and Temperature-Humidity Index with Milk Yield, Composition, Somatic Cell Counts, and Microbial Load: A Comprehensive

- Study across Ten Dairy Farms over an Annual Cycle. *Animals*, 13(20): 3205. <https://doi.org/10.3390/ani13203205>
12. Brahmi, E., Souli, A., Maroini, M. (2024.): Seasonal variations of physiological responses, milk production, and fatty acid profile of local crossbred cows in Tunisia. *Tropical Animal Health and Production*, 56(11). <https://doi.org/10.1007/s11250-023-03851-6>
  13. Broderick, G., Huhtanen, P. (2013.): Application of milk urea nitrogen values. <https://www.researchgate.net/publication/43267630>.
  14. Broderick, G.A., Clayton, M.K. (1997.): A statistical evaluation of animal and nutritional factors influencing concentrations of milk urea nitrogen. *Journal of Dairy Science*, 80, 2964–2971.
  15. Burgos, S.A., Embertson, N.M., Zhao, Y., Mitloehner, F.M., DePeters, E.J. & Fadel, J.G. (2010.): Prediction of ammonia emission from dairy cattle manure based on milk urea nitrogen: Relation of milk urea nitrogen to ammonia emissions. *Journal of Dairy Science*, 93(6), 2377–2386.
  16. Cappelozza, B.I. (2024.): A guide to protein nutrition for cattle. Oregon State University.
  17. Cattle Daily (2024.): Key signs of calcium deficiency in cattle: detecting early. <https://cattledaily.com/key-signs-of-calcium-deficiency-in-cattle/>
  18. Dairy Processing Handbook, DPH (2024.): The chemistry of milk. Chapter 2.
  19. DeLorenzo, M.A., Wiggans, G.R. (1986.): Factors for Estimating Daily Milk Yield, Fat and Protein from a Single Milking for Herds Milked Twice a Day. *Journal of Dairy Science*, 69: 2386 - 2394.
  20. Dill, K. (2024.): Using Lysine in Cattle Feed. Purina Animal Nutrition. <https://www.purinamills.com/dairy-feed/education/detail/using-lysine-in-cattle-feed>
  21. Domaćinović, M., Antunović, Z., Džomba, E., Opačak, A., Baban, M., Mužić, S. (2015.): Specijalna hranidba domaćih životinja. Poljoprivredni fakultet, Osijek.
  22. Dopelt, K., Radon, P., Davidovitch, N. (2019.): Environmental Effects of the Livestock Industry: The Relationship between Knowledge, Attitudes, and Behavior among Students in Israel. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(8):1359. doi: 10.3390/ijerph16081359.
  23. Eadie, J. (2022.): Benefits of feeding rumen protected lysine during transition period. *Dairy Producer*.
  24. Eckersall, P.D., Bell, R. (2010.): Acute phase proteins: Biomarkers of infection and inflammation in veterinary medicine. *The Veterinary Journal* 185, 23–27.

25. Eicher, R. (2004.): Evaluation of the metabolic and nutritional situation in dairy herds: Diagnostic use of milk components. 23rd World Buiatrics Congress, Quebec City, Canada.
26. Eicher, R., Bouchard, E., Bigras-Poulin, M. (1999.): Factors affecting milk urea nitrogen and protein concentrations in Quebec dairy cows. *Prev.Vet.Med.* 39: 53-63.
27. Elsaadawy, S.A., Wu, Z., Han W., Hanigan, M.D., Bu, D. (2022.): Supplementing Ruminally Protected Lysine, Methionine, or Combination Improved Milk Production in Transition Dairy Cows. *Frontiers in Veterinary Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.780637>
28. European Commission (2020.): Precision farming. (<https://ec.europa.eu/eip/agriculture/en/digitising-agriculture/developing-digital-technologies/precision-farming-0>).
29. FAO (2006.): *World Agriculture: Towards 2030/2050*. Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.
30. FAO (2009.): *The State of Food and Agriculture - Livestock in the Balans*. Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.
31. FAO (2010.): *Greenhouse Gas Emissions from the Dairy Sector: A Life Cycle Assessment*. Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.
32. FAO (2024.): Gateway to dairy production and products – Milk. <https://www.fao.org/dairy-production-products/products/milk-composition/en/>
33. FAOSTAT (2010.): Food and Agriculture Organization statistical database. <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx201>.
34. Gallardo, W.B., Teixeira, I. (2023.): Associations between Dietary Fatty Acid Profile and Milk Fat Production and Fatty Acid Composition in Dairy Cows: A Meta-Analysis. *Animals* 13(13): 2063. <https://doi.org/10.3390/ani13132063>
35. Galyean, M.L., Tedeschi, L.O. (2023.): Predicting microbial crude protein synthesis in cattle from intakes of dietary energy and crude protein, *Journal of Animal Science*, 101, skad359. <https://doi.org/10.1093/jas/skad359>
36. Gantner, V. (2020.): Precizno mliječno govedarstvo. Zbornik predavanja 15.savjetovanja uzgajivača goveda u Republici Hrvatskoj. Terme Tuhelj. Str. 59-69.
37. Gantner, V., Barać, Z. (2016.): Uzgojno-seleksijski rad u stočarstvu. Poljoprivredni fakultet u Osijeku. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku.
38. Gauly, M., Ammer, S. (2020.): Review: Challenges for dairy cow production systems arising from climate changes. *Animal*, 14(S1):s196-s203. <https://doi.org/10.1017/S1751731119003239>

39. Girma, D.D., Ma, L., Wang, F., Jiang, Q.R., Callaway, T.R., Drackley, J.K., Bu, D.P. (2019.): Effects of close-up dietary energy level and supplementing rumen-protected lysine on energy metabolites and milk production in transition cows. *Journal of Dairy Science*, 102(8):7059-7072. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15962>.
40. Godden, S.M., Lissemore, K.D., Kelton, D.F., Leslie, K.E., Walton, J.S., Lumsden, J.H. (2001.): Relationships between milk urea concentrations and nutritional management, production and economic variables in Ontario dairy cows. *Journal of Dairy Science* 84, 1128–1139.
41. Grant, R. (2007.): Feeding to Maximize Milk Protein and Fat Yields. NebGuide. University of Nebraska–Lincoln Extension, Institute of Agriculture and Natural Resources.
42. Grbeša, D. (2019.): Što nam pokazuje sadržaj ureje u mlijeku. Zbornik predavanja 14. savjetovanja uzgajivača goveda u Republici Hrvatskoj, str.41-47.
43. Gross, J.J., Bruckmaier, R.M. (2019.): Review: Metabolic challenges in lactating dairy cows and their assessment via established and novel indicators in milk. *Animal*, 13(S1):s75-s81. doi:10.1017/S175173111800349X
44. Haig, P.A., Mutsvangwa, T., Spratt, R., McBride, B.W. (2002.): Effects of dietary protein solubility on nitrogen losses from lactating dairy cows and comparison with predictions from the cornell net carbohydrate and protein system. *Journal of Dairy Science* 85, 1208–1217.
45. Han, J., Wang, J. (2023.): Dairy Cow Nutrition and Milk Quality. *Agriculture* 13(3): 702. <https://doi.org/10.3390/agriculture13030702>
46. Herring, W. R., Underwood, E. J. (2007.): Phosphorus in dairy cattle nutrition. *Journal of Dairy Science*, 90(3), 1300-1312. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(07)73116-3.
47. Hill, D.L., Wall, E. (2015.): Dairy cattle in a temperate climate: the effects of weather on milk yield and composition depend on management. *Animal*, 9(1):138-149. doi:10.1017/S1751731114002456
48. Hodge, G. E., Cooper, K. M. (2017.): Impact of Dairy Farm Management Practices on Milk Production and Quality. *Journal of Dairy Science*, 100(4), 3157-3168. DOI: 10.3168/jds.2016-11432
49. Hof, G., Vervoorn, M.D., Lenaers, P.J. & Tamminga, S. (1997.): Milk urea nitrogen as a tool to monitor the protein nutrition of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 80, 3333–3340.
50. Hristov, A. N., Hanigan, M., Cole, A., Todd, R., McAllister T. A., Ndegwa, P., Rotz, A. (2011.): Review: Ammonia emissions from dairy farms and beef feedlots. *Can. J. Anim. Sci.* 91: 1-35.

51. Hristov, A.N., Giallongo, F. (2023.): Feeding Low Protein Diets to Dairy Cows. Penn State Extension  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0243953>
52. International Committee for Animal Recording (ICAR) (2009.): Guidelines approved by the General Assembly held in Niagara Falls, USA, 18 June 2008.
53. Jonker, J.S., Kohn, R.A., High, J. (2002.): Dairy herd management practices that impact nitrogen utilization efficiency. *Journal of Dairy Science* 85(5), 1218–1226.
54. Junior, V.C., Lopes, F., Schwab, C.G., Toledo, M.Z., Collao-Saenz, E.A. (2021.): Effects of rumen-protected methionine supplementation on the performance of high production dairy cows in the tropics. *PLOS ONE* 16(4):e0243953.
55. Kadzere, C. T., Murphy, M. R., Silanikove, N., Maltz, E. (2002.): Heat stress in lactating dairy cows: A review. *Livestock Production Science*, 77(1), 59-91.
56. Katoch, R. (2022.): General Scheme for Forage Quality Analysis. In: *Techniques in Forage Quality Analysis*. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-19-6020-8\\_6](https://doi.org/10.1007/978-981-19-6020-8_6)
57. Kim, J.E., Lee, H.G. (2021.): Amino Acids Supplementation for the Milk and Milk Protein Production of Dairy Cows. *Animals*, 11(7):2118. <https://doi.org/10.3390/ani11072118>
58. Kirchgessner, M., Kreuzer, M., Roth-Maier, D. (1986.): Milk urea and protein content to diagnose energy and protein malnutrition of dairy cows. *Archiv Tiernahrung*, 36: 192-198.
59. Klein, M.S., Buttchereit, N., Miemczyk, S.P., Immervoll, A.K., Louis, C., Wiedemann, S., Junge, W., Thaller, G., Oefner, P.J., Gronwald, W. (2011.): NMR Metabolomic analysis of dairy cows reveals milk glycerophosphocholine to phosphocholine ratio as prognostic biomarker for risk of ketosis. *Journal of Proteome Research* 11, 1373–1381.
60. Kohn, R.A., French, K.R., Russek-Cohen, E. (2004.): A Comparison of Instruments and Laboratories Used to Measure Milk Urea Nitrogen in Bulk-Tank Milk Samples. *Journal of Dairy Science* 87: 1848-1853.
61. Koska, S., Salajpal, K. (2012.): Utjecaj visokih temperatura na metabolizam i reprodukciju krava. *Stočarstvo*, 66(3), 213-235.
62. Krogstad, K., Bradford, B. (2022.): Getting the most out of your forage evaluation: Understanding NDV digestibility. Michigan State University Extension.
63. Larsen, M., Lapierre, H., Kristensen, N.B. (2014.): Abomasal protein infusion in the postpartum transition dairy cows: Effect on performance and mammary metabolism. *Journal of Dairy Science*, 97(9):5608-5622. doi: 10.3168/jds.2013-7247
64. Lee, C., Hristov, A.N., Cassidy, T.W., Heyler, K.S., Lapierre, H., Varga, G.A., de Veth, M.J., Patton, R.A., Parys, C. (2012.): Rumen-protected lysine, methionine, and histidine

- increase milk protein yield in dairy cows fed a metabolizable protein-deficient diet. *Journal of Dairy Science*, 95(10), 6042-6056. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5581>.
65. Leip, A., Billen, G., Garnier, J., Grizzetti, B., Lassaletta, L., Reis, S., Simpson, D., Sutton, M.A., de Vries, W., Weiss, F., Westhoek, H. (2015.): Impacts of European livestock production: nitrogen, sulphur, phosphorus and greenhouse gas emissions, land-use, water eutrophication and biodiversity. *Environ. Res. Lett.*, 10, Article 115004.
66. Leytem, A.B., Dungan, R.S., Bjerneberg, D.L., Koehn, A.C. (2011.): Emissions of ammonia, methane, carbon dioxide, and nitrous oxide from dairy cattle housing and manure management systems. *Journal of Environmental Quality*, 40(5):1383–1394. doi: 10.2134/jeq2009.0515.
67. Liu, G., Kim, W.K. (2023.): The Functional Roles of Methionine and Arginine in Intestinal and Bone Health of Poultry: Review. *Animals*, 13(18):2949. <https://doi.org/10.3390/ani13182949>
68. Liu, Z., Reents, R., Reinhardt, F., Kuwan, K. (2000.): Approaches to Estimating Daily Yield from Single Milking Testing Schemes and Use of a.m.- p.m. Records in Test-Day Model Genetic Evaluation in Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.*, 83, 11: 2672 – 2682.
69. Looper, M. (2012.): Factors Affecting Milk Composition of Lactating Cows. University of Arkansas. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:46639752>
70. M'hamdi, N., Bouallegue, M., Frouja, S., Ressaissi, Y., Brar, S.K., Hamouda, M.B. (2012.): Effects of Environmental Factors on Milk Yield, Lactation Length and Dry Period in Tunisian Holstein Cows. *Milk Production - An Up-to-Date Overview of Animal Nutrition, Management and Health*. DOI: 10.5772/50803.
71. Madilindi, M.A., Banga, C.B., Zishiri, O.T. (2022.): Prediction of dry matter intake and gross feed efficiency using milk production and live weight in first-parity Holstein cows. *Tropical Animal Health and Production* 54, 278. <https://doi.org/10.1007/s11250-022-03275-8>
72. Martins, L.F., Wasson, D.E., Hristov, A.N. (2022.): Feeding dairy cows for improved metabolism and health, *Animal Frontiers*, 12(5): 29–36. <https://doi.org/10.1093/af/vfac059>
73. *Medicine LibreText, MLT* (2024.): Calcium and Phosphate Balans Regulation
74. Militello, D., Lemosquet S., Mathieu Y., Bahloul L., Andrieu D., Rolland M., Rouverand S., Trou G. (2022.): Rumen-protected methionine and lysine supplementation improved performances and environmental impact of nitrogen when lowering dietary protein content in dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 105(1): 333.



- 
75. Mills, C. R., Whelan, J. (2010.): Interactions between calcium and phosphorus in dairy cows: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 161(1-2), 53-67. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2010.08.013.
76. Moore, S.A.E., Kalscheur, K.F. (2016.): Canola meal in dairy cow diets during early lactation increases production compared with soybean meal. *Journal of Animal Science*, 94:731. doi:10.2527/jam2016-1506
77. National Research Council (2001.): *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th rev. ed. Natl. Aca. Sci., Washington. DC.
78. Nguyen, M., Pham, D., Hostiou, N., Cournut, S., Guillaume, D., Culas, C., Pannier, E. (2019.): Dairy farming, a clash of production models. In CesaroJD, Duteurtre G and Nguyen MH (eds), *Atlas of Livestock Transitions in Vietnam: 1986–2016*. Hanoi: IPSARD-CIRAD, pp. 47–56.
79. NRC (2001.): *Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition*. National Academies Press.
80. Parish, J. (2008.): *Mineral and Vitamin Nutrition for Beef Cattle*. The Beef Site.
81. Park, Y.W., Haenlein, G.W. (2013.): *Milk and Dairy Products in Human Nutrition*. Wiley-Blackwell, John Wiley & Sons, Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, PO19 8SQ, UK.
82. Pathak, M. (2018.): *Practical Amino Acid Balancing in Lactating Cattle & Buffaloes*. <https://benisonmedia.com/practical-amino-acid-balancing-in-lactating-cattle-buffaloes/>
83. Pepeta, B. N., Hassen, A., Tesfamariam, E.H. (2024.): Quantifying the Impact of Different Dietary Rumen Modulating Strategies on Enteric Methane Emission and Productivity in Ruminant Livestock: A Meta-Analysis. *Animals* 14(5):763. <https://doi.org/10.3390/ani14050763>
84. Perez-Guerra, U.H., Macedo, R, Manrique, Y.P., Condori, E.A., Gonzáles, H.I., Fernández, E., Luque, N., Pérez-Durand, M.G., García-Herreros, M. (2023.): Seasonal autoregressive integrated moving average (SARIMA) time-series model for milk production forecasting in pasture-based dairy cows in the Andean highlands. *PLOS ONE* 18(11): e0288849. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0288849>
85. Pratap, A., Verma, D., Kumar, P., Singh, A. (2014.): Effect of Pregnancy, Lactation Stage, Parity and Age on Yield and Components of Raw Milk in Holstein Friesian Cows in organized Dairy form in Allahabad. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 7(2), 112-115. 10.9790/2380-0721112115.

- 
86. Putri, E.M., Zain, M., Warly, L., Hermon, H. (2021.): Effects of rumen-degradable-to-undegradable protein ratio in ruminant diet on in vitro digestibility, rumen fermentation, and microbial protein synthesis. *Veterinary World*, 14(3):640-648. doi: 10.14202/vetworld.2021.640-648.
87. Qin, L., Xu, G., Yang, D., Tu, Y., Zhang, J., Ma, T., Diao, Q. (2024.): Effects of Feed Ingredients with Different Protein-to-Fat Ratios on Growth, Slaughter Performance and Fat Deposition of Small-Tail Han Lambs. *Animals* 14(6):859. <https://doi.org/10.3390/ani14060859>
88. Rayburn, E. (2022.): Dry Matter Intake by Cattle. West Virginia University Extension.
89. Rhoads, R. P., Baumgard, L. H., Suagee, J. K., Sanders, S. R. (2013.): Nutritional interventions to alleviate the negative consequences of heat stress. *Advances in Nutrition*, 4(3), 267-276.
90. Rivera, D. (2023.): Interpreting Forage and Feed Analysis Reports. Mississippi State University Extension.
91. Rocateli, A., Zhang, H. (2017.): Forage Quality Interpretations. OSU Extension. Oklahoma State University
92. Ropstad, E., Refsdal, A.O. (1987.): Herd reproductive performance related to urea concentration in bulkmilk. *Acta Veterinaria Scandinavica* 28: 55.
93. Roseler, D.K., Ferguson, J.D., Sniffen, C.J., Herrema, J. (1993.): Dietary protein degradability effects on plasma and milk urea nitrogen and milk non-protein nitrogen in Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 76: 525.
94. Ruminant Nutrition, RN (2020.): Net energy of lactation (NEL). <https://kb.wisc.edu/dairynutrient/414RN/page.php?id=56416>
95. Ruska, D., Jonkus, D., Cielava, L. (2017.): Monitoring of ammonium pollution from dairy cows farm according of urea content in milk. *Agronomy Research*, 15, 2, pp.553-564.
96. Russell, S. (2014.): Everything You Need to Know about Agricultural Emissions. World Resources Institute. <https://www.wri.org/insights/everything-you-need-know-about-agricultural-emissions>
97. Sanchis, E., Calvet, S., del Prado, A., Estellés, F. (2019.): A meta-analysis of environmental factor effects on ammonia emissions from dairy cattle houses. *Biosystems Engineering*, 178, 176-183. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2018.11.017>
98. Schumacher, E., Erickson, G., Wilson, H., Macdonald, J., Watson, A., Klopfenstein, T. (2020.): Comparison of Rumen Undegradable Protein Content of Conventional and Organic Feeds. *Nebraska Beef Cattle Reports*. University of Nebraska – Lincoln.

99. Sinclair, K.D., Garnsworthy, P.C., Mann, G.E., Sinclair, L.A. (2014.): Reducing dietary protein in dairy cow diets: implications for nitrogen utilization, milk production, welfare and fertility. *Animal*, 8(2):262-274. doi:10.1017/S1751731113002139
100. Singh, R. P., Bandler, D. K. (2024.): Dairy product. *Encyclopedia Britannica*.
101. Smith, G.N., Brok, E., Vormsborg Christiansen, M., Ahrné, L. (2020.): Casein micelles in milk as sticky spheres. *Soft Matter*, 16, 9955-9963. doi: 10.1039/D0SM01327G.
102. Smith, M. W., Ellis, W. C. (2015.): Effects of Metabolic Energy on Dairy Cows' Milk Production and Composition. *Animal Feed Science and Technology*, 206(1-2), 26-34. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2015.05.003.
103. Socha, M. T., Putnam, D. E., Garthwaite, B. D., Whitehouse, N. L., Kierstead, N. A., Schwab, C. G., Ducharme, G. A., Robert, J.C. (2005.): Improving intestinal amino acid supply of pre- and postpartum dairy cows with rumen-protected methionine and lysine. *Journal of Dairy Science*, 88(3):1113-1126. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(05)72778-8.
104. Spek, J.W., Dijkstra, J., Duinkerken, G.V., Bannik, A. (2013.): A review of factors influencing milk urea concentration and its relationship with urea excretion in lactating dairy cattle. *Journal of Agricultural Science* 151, 407–423.
105. Stanton, T.L. (2014.): *Feed Composition for Cattle and Sheep*. Colorado State University Extension.
106. Steinfeld H., Gerber P., Wassenaar T., Castel V., Rosales M., De Haan C. (2006.): *Livestock's Long Shadow*. FAO; Rome, Italy. pp. 1–392. Available <https://www.europarl.europa.eu/climatechange/doc/FAO%20report%20executive%20summary.pdf>. [Google Scholar](#)
107. Swenson, M.J., Reece, W.O. (1993.): Water Balans and Excretion. In: *Duke's Physiology of Domestic Animals*, Swenson, M.J. and W.O. Reece (Eds.). 11th Edn., Cornell University Press, Ithaca, New York, pp: 573-604.
108. The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2014.): *AR5 Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*.
109. Thomas, B. L., Guadagnin, A.R., Fehlberg, L.K., Sugimoto, Y., Shinzato, I., Drackley, J.K., Cardoso, F.C. (2022.): Feeding rumen-protected lysine to dairy cows prepartum improves performance and health of their calves. *Journal of Dairy Science*, 106(9): 6567 – 6576.
110. United Nations - Department of Economic and Social Affairs (UN-DESA) (2024.): *World Population Prospects 2024: Summary of Results*.

- 
111. Van Amburgh, M. E., Soberon, F., Meyer, M.J., Molano, R. (2019.): Symposium review: Integration of postweaning nutrient requirements and supply with composition of growth and mammary development in modern dairy heifers. *Journal of Dairy Science*, 102(4), 3692-3705.
112. Van Saun, R.J. (2023.): *Determining Forage Quality: Understanding Feed Analysis*. Penn State Extension
113. Van Saun, R.J. (2022.): *Nutritional Requirements of Dairy Cattle*. MSD Veterinary Manual.
114. Van Saun, R.J., Sniffen, C.J. (2014.): Transition cow nutrition and feeding management for disease prevention. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 30(3):689-719. doi: 10.1016/j.KVfa.2014.07.009.
115. Van Soest, P. J., Robertson, J. B., Lewis, B. A. (1991.): Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3583-3597.
116. Van, Q.C.D., Knapp, E., Hornick, J.L., Dufrasne, I. (2020.): Influence of Days in Milk and Parity on Milk and Blood Fatty Acid Concentrations, Blood Metabolites and Hormones in Early Lactation Holstein Cows. *Animals*, 10, 2081. <https://doi.org/10.3390/ani10112081>
117. Vanlierde, A., Vanrobays, M.L., Dehareng, F., Froidmont, E., Soyeurt, H., McParland, S., Lewis, E., Deighton, M.H., Grandl, F., Kreuzer, M., Gredler, B., Dardenne, P., Gengler, N. (2015.): Hot topic: Innovative lactation-stage-dependent prediction of methane emissions from milk mid-infrared spectra. *Journal of Dairy Science*, 98(8):5740-5747. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8436>
118. Vrhel, M., Ducháček, J., Gašparík, M., Vacek, M., Codl, R., Pytlík, J. (2024.): Association between production and reproduction parameters based on parity and breed of dairy cows in the Czech Republic, *Archives Animal Breeding*, 67, 197–205. [doi.org/10.5194/aab-67-197-2024](https://doi.org/10.5194/aab-67-197-2024).
119. Weiss, W.P., Tebbe, A.W. (2019.): Estimating digestible energy values of feeds and diets and integrating those values into net energy systems, *Translational Animal Science*, 3(3): 953–961. <https://doi.org/10.1093/tas/txy119>
120. Wenninger, A., Distl, O. (1994.): Harnstoff und Azetongehalt in der Milch als Indikatoren für ernährungsbedingte Fruchtbarkeitsstörungen der Milchkuh (Urea and acetone in milk as indicators for nutritional fertility disorders of dairy cattle). *Dtsch. Tierärztl. Wochenschrift*. 101: 152-157.

- 
121. West, J. W. (2003.): Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 86(6), 2131-2144. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73803-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73803-X)
  122. Wondater, W.B., Ayanie, T.D. (2023.): Supplementing dairy feed by dicalcium phosphate and effect on dry matter intake, digestibility, milk composition, and blood mineral Balanss in crossbred dairy cows. *PLOS ONE*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0282879>
  123. Wright, C. (2024.): Phosphorus Balans disorders in dairy cows. *The Cattle Site*. <https://www.thecattlesite.com/articles/phosphorus-Balans-disorders-in-dairy-cows>
  124. Xu, W., Vervoort, J., Saccenti, E., van Hoeij, R., Kemp, B., van Kneegsel, A. (2018.): Milk Metabolomics Data Reveal the Energy Balans of Individual Dairy Cows in Early Lactation. *Scientific Reports* 8(1):15828. doi: 10.1038/s41598-018-34190-4.
  125. Zhang, X., Chen, X., Xu, Y., Yang, J., Du, L., Li, K., Zhou, Y. (2021.): Milk consumption and multiple health outcomes: umbrella review of systematic reviews and meta-analyses in humans. *Nutrition & Metabolism* 18(7). <https://doi.org/10.1186/s12986-020-00527-y>

## 7. SAŽETAK

Ovo doktorsko istraživanje ima za cilj utvrđivanje varijabilnosti u dnevnoj proizvodnji mlijeka, sadržaju ureje i dušika u ureji mlijeka te procijenjenoj dnevnoj emisiji amonijaka kod mliječnih krava. Temeljeno na prikupljenim podacima, istraživanje se usmjerava na razvoj modela za optimizaciju hranidbe mliječnih krava s ciljem smanjenja emisije amonijaka na farmama, omogućujući time ekološki i ekonomski održivu proizvodnju mlijeka primjenom tehnologija preciznog mliječnog govedarstva.

Za ostvarenje ovog cilja postavljeni su sljedeći specifični ciljevi. Prvi cilj uključuje određivanje fenotipske varijabilnosti istraživanih karakteristika, uključujući statističku analizu proizvodnih karakteristika poput dnevne količine mlijeka i sastava mlijeka kod mliječnih krava koje su podvrgnute uzgojno-selekcijском radu, kao i kemijskog sastava krmiva u obroku na odabranim farmama. Drugi cilj odnosi se na utvrđivanje povezanosti između različitih istraživanih karakteristika. Treći cilj je razvoj i odabir optimalnih statističkih modela za procjenu emisije amonijaka kod pojedinih grla u proizvodnji temeljenih na podacima redovne kontrole proizvodnosti. Četvrti cilj obuhvaća razvoj i odabir statističkih modela za procjenu utjecaja hranidbe, odnosno kemijskog sastava pojedinih krmiva u obroku, na emisiju amonijaka. Peti cilj uključuje izradu modela za optimizaciju sastavljanja obroka za mliječne krave s ciljem smanjenja emisije amonijaka sa farmi mliječnih krava.

Baza podataka korištena u istraživanju obuhvaća 3.953.637 zapisa kontrole mliječnosti krava Holstein pasmine prikupljenih u razdoblju od 1. siječnja 2005. do 31. prosinca 2022. Za analizu podataka korišten je SAS/STAT softver. Analize su pokazale kako sezona kontrole mliječnosti, regija uzgoja, stadij i redosljed laktacije značajno utječu na proizvodnju mlijeka te sadržaj masti i proteina u mlijeku. Najveća proizvodnja mlijeka bilježi se u proljeće, dok je istočna Hrvatska područje s najvišom proizvodnjom. Početak laktacije i treća laktacija predstavljaju periode vrhunske produktivnosti, dok proizvodnja opada nakon njih.

Daljnjom analizom utvrđena je značajna varijabilnost u unosu suhe tvari, metaboličkoj energiji, metaboličkom proteinu, kalciju, fosforu te drugim nutritivnim parametrima među farmama i sezonama. Sezonske promjene i razlike među farmama naglašavaju potrebu za prilagodbom hranidbenih strategija radi optimizacije proizvodnje mlijeka i zdravlja krava. Varijabilnost u sadržaju minerala, vlaknima i proteinima ukazuje na potrebu za prilagodbom formulacija krmiva u skladu s godišnjim dobima i specifičnostima farmi.

Analize korelacija pokazale su slab odnos između proizvodnje mlijeka i emisije amonijaka, što sugerira kako povećanje proizvodnje mlijeka nije nužno povezano s proporcionalnim povećanjem emisije amonijaka. Unos suhe tvari i nutritivni parametri poput metaboličke energije imali su minimalan utjecaj na emisiju amonijaka, dok su korelacije između emisije amonijaka i nutritivnih sastojaka poput kalcija, fosfora i vlakana bile vrlo slabe. To upućuje na mogućnost smanjenja emisije amonijaka kroz metode optimizacije koje nisu nužno povezane s prilagodbom hranidbenih parametara.

Evaluirani statistički modeli za procjenu emisije amonijaka temeljem rezultata kontrole mliječnosti pokazali su kako dodavanje fiksnih utjecaja poput stadija i redoslijeda laktacije, sezona i regija uzgoja poboljšava sposobnost modela u objašnjavanju varijacije emisije amonijaka, ali još uvijek postoji značajna količina neobjašnjene varijabilnosti. Model E, koji uključuje sve ove varijable, pokazuje najveću sposobnost objašnjavanja varijacija, ali visoka standardna devijacija pogreške sugerira potrebu za daljnjim istraživanjima i razvojem sofisticiranijih modela.

Statistički modeli za procjenu emisije amonijaka temeljem kemijskog sastava krmiva, uključujući konzumiranu suhu tvar, metionin, lizin i neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom, pokazali su nisku sposobnost objašnjavanja varijabilnosti emisije amonijaka. Dodavanje varijabli kao što su redoslijed laktacije, sezona i farma donosi blaga poboljšanja, ali standardna devijacija pogreške ostaje visoka, što ukazuje na nedostatak potpune objašnjivosti trenutnih modela.

Ukupno, istraživanje ukazuje kako sezonske i regionalne varijacije, kao i specifičnosti stadija i redoslijeda laktacije, značajno utječu na proizvodnju mlijeka, sastav mlijeka i emisiju amonijaka. Varijabilnost u nutritivnim parametrima krmiva naglašava potrebu za prilagodbom hranidbenih strategija. Postoji značajna količina neobjašnjene varijabilnosti u emisiji amonijaka, što ukazuje na potrebu za razvojem naprednijih modela i tehnika za bolje razumijevanje i optimizaciju utjecaja hranidbe na emisiju amonijaka.

## 8. SUMMARY

This doctoral research aimed to assess the variability in daily milk production, urea content, and urea nitrogen in milk, as well as the estimated daily ammonia emissions from dairy cows. Based on the collected data, the research focused on developing feeding optimization models to reduce ammonia emissions on dairy farms, thereby promoting environmentally and economically sustainable milk production through precision dairy farming technologies.

To achieve this objective, the research established the following specific goals. The first goal involved determining the phenotypic variability of the investigated traits, including statistical analysis of production characteristics such as daily milk quantity and milk composition in dairy cows subjected to breeding and selection work, as well as the chemical composition of the feed in rations on selected farms. The second goal pertained to identifying the relationships between different investigated traits. The third goal encompassed the development and selection of optimal statistical models for estimating ammonia emissions per individual animal based on regular performance control data. The fourth goal involved developing and selecting statistical models to evaluate the impact of feeding and the chemical composition of specific feeds on ammonia emissions. The fifth goal included creating models for optimizing feed rations for dairy cows with the aim of reducing ammonia emissions from dairy farms.

The database utilized in this research comprised 3,953,637 records of milk control for Holstein cows collected from January 1, 2005, to December 31, 2022. Data analysis was performed using SAS/STAT software. The analyses revealed significant phenotypic variability affecting milk production and composition. Factors such as the season of milk control, breeding region, stage, and order of lactation significantly influenced production characteristics, with the highest milk yields recorded in spring and in eastern Croatia. The beginning of lactation and the third lactation were identified as periods of peak productivity, followed by a decline in milk production.

Further analysis identified substantial variability in the intake of dry matter, metabolic energy, metabolic protein, calcium, phosphorus, and other nutritional parameters across farms and seasons. Seasonal changes and differences among farms underscored the need for adjusting feeding strategies to optimize milk production and cow health. Variability in nutritional parameters, including calcium and phosphorus, fiber, and proteins, highlighted the necessity



for adjusting feed formulations in accordance with seasonal variations and specific farm characteristics.

Correlation analyses showed a weak relationship between milk production and ammonia emissions, suggesting that increased milk production was not necessarily associated with a proportional increase in ammonia emissions. The intake of dry matter and nutritional parameters such as metabolic energy had minimal impact on ammonia emissions. Correlations between ammonia emissions and nutritional components such as calcium, phosphorus, and fiber were very weak, indicating that reducing ammonia emissions might be achievable through optimization methods that did not necessarily involve adjustments to nutritional parameters.

Evaluated statistical models for estimating ammonia emissions based on milk control results indicated that incorporating fixed effects such as lactation stage, order of lactation, season, and breeding region improved the model's ability to explain variation in ammonia emissions. However, significant unexplained variability remained, with Model E, which included all these variables, demonstrating the highest explanatory power. Nevertheless, the high standard deviation of errors suggested a need for further research and the development of more sophisticated models.

Models for estimating ammonia emissions based on the chemical composition of feeds, including dry matter intake, methionine, lysine, and total fiber, showed low explanatory power for ammonia emission variability. Adding variables such as lactation order, season, and farm provided marginal improvements, but the high standard deviation of errors indicated a lack of complete explanatory capacity in the current models.

Overall, the research highlighted the significant impact of seasonal and regional variations, as well as specific lactation stages and orders, on milk production, milk composition, and ammonia emissions. Variability in feed nutritional parameters emphasized the need for tailored feeding strategies. A substantial amount of unexplained variability in ammonia emissions indicated the need for the development of advanced models and techniques for a better understanding and optimization of the impact of feeding on ammonia emissions.

## 9. PRILOG

### I. POPIS TABLICA

**Tablica 1.** Osnovni statistički parametri dnevnih svojstava mliječnosti

**Tablica 2.** Osnovni statistički parametri dnevnih svojstava mliječnosti prema sezoni kontrole mliječnosti (proljeće, ljeto, jesen i zima)

**Tablica 3.** Osnovni statistički parametri dnevnih svojstava mliječnosti prema regiji uzgoja mliječnih krava (središnja Hrvatska, istočna Hrvatska i mediteranska Hrvatska)

**Tablica 4.** Osnovni statistički parametri dnevnih svojstava mliječnosti prema redoslijedu laktacije (I, II, III, IV, V)

**Tablica 5.** Osnovni statistički parametri dnevnih svojstava mliječnosti prema stadiju laktacije (I, II, III, IV; razred = 100 dana)

**Tablica 6.** Osnovni statistički parametri dnevnih svojstava mliječnosti prema stadiju laktacije (I, II, III, .... XI; razred = 30 dana)

**Tablica 7.** Osnovni statistički parametri unesene suhe tvari, predviđenog unosa suhe tvari, metaboličke energije te metaboličkog proteina u obrocima mliječnih krava

**Tablica 8.** Osnovni statistički parametri unesene suhe tvari, predviđenog unosa suhe tvari, metaboličke energije te metaboličkog proteina u obrocima mliječnih krava prema sezoni kontrole mliječnosti (proljeće, ljeto, jesen i zima)

**Tablica 9.** Osnovni statistički parametri unesene suhe tvari, predviđenog unosa suhe tvari, metaboličke energije te metaboličkog proteina u obrocima mliječnih krava prema farmi na kojoj je provedeno istraživanje (Farma 1, Farma 2, Farma 3 i Farma 4)

**Tablica 10.** Osnovni statistički parametri sljedećih svojstava: proizvedeno mlijeko; procjena proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličke energije; procjena proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličkog proteina; količina suhe tvari za kg mlijeka na osnovi metaboličke energije; količina suhe tvari za kg mlijeka na osnovi metaboličkog proteina u obrocima mliječnih krava

**Tablica 11.** Osnovni statistički parametri sljedećih svojstava: proizvedeno mlijeko; procjena proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličke energije; procjena proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličkog proteina; količina suhe tvari za kg mlijeka na osnovi metaboličke energije;

količina suhe tvari za kg mlijeka na osnovi metaboličkog proteina u obrocima mliječnih krava prema sezoni kontrole mliječnosti ( proljeće, ljeto, jesen i zima)

**Tablica 12.** Osnovni statistički parametri sljedećih svojstava: proizvedeno mlijeko; procjena proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličke energije; procjena proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličkog proteina; količina suhe tvari za kg mlijeka na osnovi metaboličke energije; količina suhe tvari za kg mlijeka na osnovi metaboličkog proteina u obrocima mliječnih krava prema farmi na kojoj je provedeno istraživanje (Farma 1, Farma 2, Farma 3 i Farma 4)

**Tablica 13.** Osnovni statistički parametri sljedećih svojstava: kalcij; fosfor; balans kalcija u odnosu na potrebe, višak u gramima (g/dan); balans fosfora u odnosu na potrebe, višak u gramima (g/dan) u obrocima mliječnih krava

**Tablica 14.** Osnovni statistički parametri sljedećih svojstava: kalcij; fosfor; balans kalcija u odnosu na potrebe, višak u gramima (g/dan); balans fosfora u odnosu na potrebe, višak u gramima (g/dan) u obrocima mliječnih krava prema sezoni kontrole mliječnosti ( proljeće, ljeto, jesen i zima)

**Tablica 15.** Osnovni statistički parametri sljedećih svojstava: kalcij; fosfor; balans kalcija u odnosu na potrebe, višak u gramima (g/dan); balans fosfora u odnosu na potrebe, višak u gramima (g/dan) u obrocima mliječnih krava prema farmi na kojoj je provedeno istraživanje (Farma 1, Farma 2, Farma 3 i Farma 4)

**Tablica 16.** Osnovni statistički parametri sljedećih svojstava: neutralna deterdžent vlakna; neutralna deterdžent vlakna iz voluminoznih krmiva; neutralna deterdžent vlakna iz voluminoznih krmiva na osnovi tjelesne mase; udio NDV-a iz voluminoze u ukupnom NDV-u; neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom na osnovi tjelesne mase; eterski ekstrakt (mast); fizički efektivna vlakna te neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom u obrocima mliječnih krava

**Tablica 17.** Osnovni statistički parametri sljedećih svojstava: neutralna deterdžent vlakna; neutralna deterdžent vlakna iz voluminoznih krmiva; neutralna deterdžent vlakna iz voluminoznih krmiva na osnovi tjelesne mase; udio NDV-a iz voluminoze u ukupnom NDV-u; neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom na osnovi tjelesne mase; eterski ekstrakt (mast); fizički efektivna vlakna; i neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom u obrocima mliječnih krava prema sezoni kontrole mliječnosti ( proljeće, ljeto, jesen i zima)

**Tablica 18.** Osnovni statistički parametri sljedećih svojstava: neutralna deterdžent vlakna; neutralna deterdžent vlakna iz voluminoznih krmiva; neutralna deterdžent vlakna iz voluminoznih krmiva na osnovi tjelesne mase; udio NDV-a iz voluminoze u ukupnom NDV-u; neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom na osnovi tjelesne mase; eterski ekstrakt (mast); fizički efektivna vlakna te neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom u obrocima mliječnih krava prema farmi na kojoj je provedeno istraživanje (Farma 1, Farma 2, Farma 3 i Farma 4)

**Tablica 19.** Osnovni statistički parametri sljedećih svojstava: sirovi protein obroka; u rumenu nerazgradivi proteini; bakterijski metabolički protein; metionin i lizin u obrocima mliječnih krava

**Tablica 20.** Osnovni statistički parametri sljedećih svojstava: sirovi protein obroka; u rumenu nerazgradivi proteini; bakterijski metabolički protein; metionin i lizin u obrocima mliječnih krava prema sezoni kontrole mliječnosti (proljeće, ljeto, jesen i zima)

**Tablica 21.** Osnovni statistički parametri sljedećih svojstava: sirovi protein obroka; u rumenu nerazgradivi proteini; bakterijski metabolički protein; metionin i lizin u obrocima mliječnih krava prema farmi na kojoj je provedeno istraživanje (Farma 1, Farma 2, Farma 3 i Farma 4)

**Tablica 22.** Koeficijenti korelacije između dnevne količine mlijeka i emisije amonijaka te unesenog unosa suhe tvari, predviđenog unosa suhe tvari, metaboličke energije i metaboličkog proteina u obrocima mliječnih krava

**Tablica 23.** Koeficijenti korelacije između dnevne količine mlijeka i emisije amonijaka te proizvedenog mlijeka, predikcije proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličke energije, predikcije proizvodnje mlijeka na osnovi metaboličkog proteina, količine suhe tvari za kg mlijeka na osnovi metaboličke energije i količina suhe tvari za kg mlijeka na osnovi metaboličkog proteina u obrocima mliječnih krava

**Tablica 24.** Koeficijenti korelacije između dnevne količine mlijeka i emisije amonijaka te dnevne količine mlijeka i emisije amonijaka te kalcija, fosfora, balansa kalcija u odnosu na potrebe i balansa fosfora u odnosu na potrebe u obrocima mliječnih krava

**Tablica 25.** Koeficijenti korelacije između dnevne količine mlijeka i emisije amonijaka te sljedećih svojstava: neutralna deterdžent vlakna iz voluminoznih krmiva; neutralna deterdžent vlakna iz voluminoznih krmiva na osnovi tjelesne mase; dio NDV-a iz voluminoze u ukupnom NDV-u, neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom na osnovi tjelesne mase; eterski

ekstrakt; fizički efektivna vlakna te neutralna deterdžent vlakna determinirana amilazom u obrocima mliječnih krava

**Tablica 26.** Koeficijenti korelacije između dnevne količine mlijeka i emisije amonijaka te sljedećih svojstava: sirovi protein obroka; u rumenu nerazgradivi proteini; bakterijski metabolički protein; metionin i lizin u obrocima mliječnih krava

**Tablica 27.** Osnovni statistički parametri dnevnog sadržaja ureje u mlijeku, dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka te emisije amonijaka po kravi u proizvodnji mlijeka

**Tablica 28.** Osnovni statistički parametri dnevnog sadržaja ureje u mlijeku, dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka te emisije amonijaka po kravi prema sezoni kontrole mliječnosti (proljeće, ljeto, jesen i zima)

**Tablica 29.** Osnovni statistički parametri dnevnog sadržaja ureje u mlijeku, dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka te emisije amonijaka po kravi prema regiji uzgoja mliječnih krava (središnja Hrvatska, istočna Hrvatska i mediteranska Hrvatska)

**Tablica 30.** Osnovni statistički parametri dnevnog sadržaja ureje u mlijeku, dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka te emisije amonijaka po kravi prema redosljedu laktacije (I, II, III, IV, V)

**Tablica 31.** Osnovni statistički parametri dnevnog sadržaja ureje u mlijeku, dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka te emisije amonijaka po kravi prema stadiju laktacije (I, II, III, IV; stadij = 100 dana)

**Tablica 32.** Osnovni statistički parametri dnevnog sadržaja ureje u mlijeku, dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka te emisije amonijaka po kravi prema stadiju laktacije (I, II, III, ..., XI; razred = 30 dana)

**Tablica 33.** Procijenjene srednje vrijednosti (Lsmeans) dnevnog sadržaja ureje u mlijeku, dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka te dnevne emisije amonijaka po kravi u proizvodnji mlijeka prema sezoni kontrole mliječnosti

**Tablica 34.** Procijenjene srednje vrijednosti (LsMeans) dnevnog sadržaja ureje u mlijeku, dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka te dnevne emisije amonijaka po kravi u proizvodnji mlijeka prema regiji uzgoja mliječnih krava

**Tablica 35.** Procijenjene srednje vrijednosti (LsMeans) dnevnog sadržaja ureje u mlijeku, dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka te dnevne emisije amonijaka po kravi u proizvodnji mlijeka prema redoslijedu laktacije

**Tablica 36.** Procijenjene srednje vrijednosti (LsMeans) dnevnog sadržaja ureje u mlijeku, dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka te dnevne emisije amonijaka po kravi u proizvodnji mlijeka prema stadiju laktacije (I, II, III, IV; razred = 100 dana)

**Tablica 37.** Procijenjene srednje vrijednosti (LsMeans) dnevnog sadržaja ureje u mlijeku, dnevnog sadržaja dušika u ureji mlijeka te dnevne emisije amonijaka po kravi u proizvodnji mlijeka prema stadiju laktacije (I, II, III, IV; razred = 30 dana)

**Tablica 38.** Stupanj slobode (df), koeficijent determinacije ( $R^2$ ), koeficijent varijabilnosti pogreške ( $KV_e$ ), standardna devijacija pogreške ( $\sigma_e$ ) i regresijski koeficijent (b) statističkih modela za procjenu emisije amonijaka temeljem parametara mliječnosti

**Tablica 39.** Stupanj slobode (df), koeficijent determinacije ( $R^2$ ), koeficijent varijabilnosti pogreške ( $KV_e$ ) i standardna devijacija pogreške ( $\sigma_e$ ) i regresijski koeficijent (b) statističkih modela za procjenu emisije amonijaka temeljem parametara hranidbe

## II. POPIS SLIKA

**Slika 1.** Emisije amonijaka na mliječnim farmama

**Slika 2.** Metabolizam proteina mliječnih krava

## **ŽIVOTOPIS**

Mirna Gavran rođena je 12. travnja 1994. godine u Osijeku. Osnovnu školu završila je u Čepinu 2009. godine, nakon čega upisuje Isusovačku klasičnu gimnaziju s pravom javnosti u Osijeku. Tijekom obrazovanja u srednjoj školi volontirala je u Udruzi za terapijsko, rekreacijsko i sportsko jahanje „MOGU“ u Osijeku. 2013. godine upisuje Poljoprivredni fakultet u Osijeku, prijediplomski studij Zootehnika. Nakon završetka prijediplomskog studija, 2016. upisuje diplomski studij Specijalna zootehnika. Zvanje magistra inženjerka zootehnike stekla je u rujnu 2018. godine. Stručnu praksu na prijediplomskom studiju odradila je na farmi muznih krava Mala Branjevina u Čepinu, to iskustvo inspiriralo je i utjecalo na odabir teme doktorskog rada. U prosincu 2018. godine upisuje poslijediplomski sveučilišni studij Stočarstvo na Fakultetu agrobiotehničkih znanosti Osijek. Trenutno živi u Čepinu i radi u Osijeku. Od veljače 2019. godine zaposlena je kao asistentica na Fakultetu agrobiotehničkih znanosti Osijek, na Zavodu za animalnu proizvodnju i biotehnologiju pri Katedri za uzgoj i genetiku domaćih životinja. Od početka zaposlenja, svake godine redovno sudjeluje na Festivalu znanosti u suradnji sa studentima. Dosad je prezentirala mnogobrojne znanstvene radove na međunarodnim konferencijama te objavila nekoliko radova u časopisima. Sudjeluje u izvođenju vježbi na 1. godini prijediplomskog studija na modulu Principi uzgoja životinja te na 1. godini diplomskog studija na modulu Principles of Animal Breeding and Feeding.