

UNIVERZITET U BEOGRADU  
FAKULTET VETERINARSKÉ MEDICINE

ZBORNİK PREDAVANJA  
XLIII SEMINARA  
ZA INOVACIJE  
ZNAJJA VETERINARA



UNIVERZITET U BEOGRADU

FAKULTET VETERINARSKJE MEDICINE

**ZBORNİK PREDAVANJA XLIII SEMINARA  
ZA INOVACIJE ZNANJA VETERINARA**

Beograd, 2022.

**XLIII SEMINAR ZA INOVACIJE ZNANJA VETERINARA**

**Beograd, 25.02.2022.**

***Organizator:***

Fakultet veterinarske medicine  
Univerzitet u Beogradu

***Organizacioni odbor:***

**Počasni predsednik:** Prof. dr Milorad Mirilović, dekan

**Predsednik:** Prof. dr Danijela Kirovski

**Članovi:** Prof. dr Vanja Krstić, Doc. dr Milan Maletić, Doc. dr Slađan Nešić,  
Doc. dr Ljubomir Jovanović, Asist. dr Branislav Vejnović, Maja Gabrić

***Programski odbor:***

**Predsednik:** Prof. dr Jakov Nišavić

**Članovi:** Prof. dr Ivan Jovanović, Prof. dr Vladimir Nešić, Prof. dr Nedeljko Karabasil, Prof. dr Dragan Šefer,  
Prof. dr Sonja Radojičić, Prof. dr Ivan Vujanac, Doc. dr Miloš Vučićević



***Izdavač:***

Fakultet veterinarske medicine, Beograd  
Centar za izdavačku delatnost i promet učila

**CID**

***Za izdavača:***

Prof. dr Milorad Mirilović, dekan FVM

***Urednik:***

Prof. dr Dragan Gvozdić

***Lektura i korektura:***

Prof. dr Ivan B. Jovanović

Prof. dr Jakov Nišavić

Prof. dr Dragan Gvozdić

***Dizajn korica:***

Prof. dr Ivan B. Jovanović

***Prelom teksta:***

Gordana Lazarević

***Štampa:***

Naučna KMD, Beograd, 2022

**Tiraž:** 450 primeraka

**ISBN** 978-86-80446-46-2

## EMISIJA METANA SA FARMI VISOKOMLEČNIH KRAVA – POTENCIJALNI RIZIK ZA ŽIVOTNU SREDINU

Danijela Kirovski, Ljubomir Jovanović, Dušan Bošnjaković,  
Milica Stojić, Radiša Prodanović, Sreten Nedić, Ivan Vujanac\*

---

*Porast emisije gasova sa efektom staklene bašte dovodi do globalnog zagrevanja, izazivajući ireverzibilne promene u životnoj sredini. Glavni gasovi sa efektom staklene bašte su ugljen dioksid ( $\text{CO}_2$ ), metan ( $\text{CH}_4$ ) i azot suboksid ( $\text{N}_2\text{O}$ ), koji doprinose ukupnoj emisiji sa 55%, 15% i 6%, pojedinačno. Iako je procenat zastupljenosti  $\text{CH}_4$  manji od  $\text{CO}_2$ , njegov ukupni globalni potencijal zagrevanja je 28 puta veći od  $\text{CO}_2$ . U ukupnoj antropogenoj emisiji gasova sa efektom staklene bašte, stočarska proizvodnja učestvuje sa 14,5% sa najvećim doprinosom u emisiji  $\text{CH}_4$  (44%). U odnosu na ostale sektore stočarske proizvodnje, uzgoj goveda najviše doprinosi efektu staklene bašte pri čemu visoko mlečne krave imaju vodeću ulogu, pošto je produkcija ovih gasova uključujući i  $\text{CH}_4$ , vezana za aktivnost buraga. Visoko mlečne krave proizvode  $\text{CH}_4$  pretežno (90%) enteričnom fermentacijom. Naime, metanogene bakterije buraga konvertuju stvoreni  $\text{CO}_2$  i  $\text{H}_2$  u  $\text{CH}_4$ , koji zatim eliminišu pretežno podrigivanjem. Preostali deo  $\text{CH}_4$  sa farmi krava potiče iz fecesa. Umanjenje emisije  $\text{CH}_4$  iz fecesa se postiže primenom odgovarajućeg sistema upravljanja stajnjakom, dok je umanjeње emisije putem enterične fermentacije značajno veći izazov za naučnu zajednicu i moguće ga je ostvariti korišćenjem različitih nutritivnih strategija koje preusmeravaju metaboličke puteve koji vode ka proizvodnji  $\text{CH}_4$  ka onima koji vode ka porastu proizvodnje mleka.*

**Ključne reči:** metan, visoko mlečne krave, životna sredina.

### UVOD

Broj stanovnika u svetu stalno raste. Zbog toga se očekuje da će do 2050. godine na Zemlji biti 9,7 milijardi ljudi. Time će se potrebe stanovništva za hranom značajno povećati, a biljne površine u okviru poljoprivredne proizvodnje, koje su

---

\* Dr Danijela Kirovski, profesor, dr Ljubomir Jovanović, docent, Dušan Bošnjaković, asistent, dr Milica Stojić, docent, dr Radiša Prodanović, docent, dr Sreten Nedić, asistent, dr Ivan Vujanac, profesor, Univerzitet u Beogradu, Fakultet veterinarske medicine, Beograd, R. Srbija

trenutno na raspolaganju, neće moći da zadovolje ove povećane potrebe. Uzimajući u obzir činjenicu da se stočarskom proizvodnjom obezbeđuje konverzija nutritivno nisko vredne biljne hrane u nutritivno visoko vredna proteinska hraniva, zahtevi za ovim vidom proizvodnje će se ubuduće povećavati. Međutim, poslednjih decenija se sve više ukazuje da intenziviranje stočarske proizvodnje može značajno da ugrozi kvalitet životne sredine. To se pre svega odnosi na farme goveda, a posebno farme visoko mlečnih krava, koje, zbog visoke proizvodnje mleka, oslobađaju značajne količine gasova sa efektom staklene bašte (eng. *greenhouse gasses*, GHG), doprinoseći tako globalnom zagrevanju naše planete. Naime, Sunčeva svetlost pada na zemljinu površinu gde se njena energija apsorbuje, a zatim vraća nazad u atmosferu kao toplota. U Zemljinoj atmosferi, molekuli pojedinih gasova zadržavaju, a zatim preusmeravaju nazad ka Zemljinoj površini, deo te toplote na način kako to čine zidovi staklene bašte. Ovaj prirodni efekat staklene bašte je ono što čini klimu Zemlje pogodnom za život. Bez njega površina Zemlje bi u proseku bila hladnija za oko 33°C. Međutim, različite aktivnosti na Zemlji su dovele do povećanog oslobađanja GHG, što je dovelo do globalnog zagrevanja planete. Aktivnosti koje menjaju sastav atmosfere i time mogu da dovedu do klimatskih promena u pravcu globalnog zagrevanja, mogu biti rezultat prirodnih procesa ili različitih aktivnosti ljudi (antropogenog porekla). Utvrđeno je da koncentracija GHG godišnje poraste za oko 1,4%. U skladu sa tim, ako zagrevanje atmosfere, izazvano porastom koncentracije ovih gasova nadmaši vrednost od 1,5°C u odnosu na preindustrijski period, može doći do ireverzibilnih promena u životnoj sredini. Prema Međuvladinom panelu o klimatskim promenama (eng. *Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC) najznačajniji faktori koji doprinose povećanju emisije GHG su povećanje broja stanovnika, ekonomska aktivnost, životne navike, način korišćenja zemljišta i korišćena tehnologija. Najznačajniji izvori emisije GHG su: (1) proizvodnja električne i toplotne energije koja podrazumeva sagorevanje uglja, nafte i prirodnog gasa; (2) poljoprivreda i promene u načinu korišćenju zemljišta (seča šuma); (3) industrija, koja podrazumeva proizvodnju različitih dobara i sirovina (cementa, čelika i sl.), preradu hrane i izgradnju objekata, (4) transport, za koji je potrebno sagorevanje naftnih goriva, benzina i dizela (IPCC, 2006).

Najznačajniji GHG su ugljen dioksid ( $\text{CO}_2$ ), metan ( $\text{CH}_4$ ) i azot suboksid ( $\text{N}_2\text{O}$ ), a zatim hlorofluorougļjovodonik (HFC), perfluorougļjenik (PFC) i sumporheksafluorid ( $\text{SF}_6$ ) koji doprinose ukupnoj emisiji od 55% ( $\text{CO}_2$ ), 15% ( $\text{CH}_4$ ), 6% ( $\text{N}_2\text{O}$ ) i 25% (HFC i PFC). Međutim, nemaju svi GHG istu sposobnost da apsorbuju toplotu u atmosferi. Zbog toga je razvijen koncept globalnog potencijala zagrevanja (eng. *Global warming potential*, GWP). GWP predstavlja odnos toplote apsorbovane od strane jedinične mase nekog gasa u odnosu na toplotu apsorbovanu od strane jedinične mase  $\text{CO}_2$  u toku određenog perioda. GWP se izražava kao  $\text{CO}_2$  ekvivalent ( $\text{CO}_2\text{-eq}$ ). Prikazuje se obično za period od 100 ( $\text{GWP}_{100}$ ) ili 20 godina ( $\text{GWP}_{20}$ ). Na primer, ako je  $\text{GWP}_{100}$  za  $\text{CH}_4$  28, to znači da jedan molekul  $\text{CH}_4$  ima isti efekat GHG kao 28 molekula  $\text{CO}_2$  računato za period od 100 godina. Za kraći vremenski period GWP za  $\text{CH}_4$  je veći. Tako, vrednost  $\text{GWP}_{20}$  za

CH<sub>4</sub> raste na 84. IPCC je postavio standardne vrednosti za GWP metana, ali su se te vrednosti vremenom povećavale. Glavni razlozi tog porasta bili su: (1) smanjena sposobnost okeana i zemljišta da apsorbuju CO<sub>2</sub>, a kao posledica globalnog zagrevanja (tzv. povratna sprega klima-CO<sub>2</sub>), (2) proizvodnja dodatnog CO<sub>2</sub> iz oksigenacije postojećeg CH<sub>4</sub> u atmosferi. Tako je, prema izveštaju IPCC, GWP<sub>100</sub> za CH<sub>4</sub> 28, ukoliko se uzme u obzir povratna sprega klima-CO<sub>2</sub>, odnosno 34 ukoliko se ova sprega ne uzme u obzir. S druge strane GWP<sub>20</sub> za CH<sub>4</sub> je 84, ukoliko se uzme u obzir povratna sprega klima-CO<sub>2</sub>, odnosno 86 ukoliko se ova sprega ne uzme u obzir (IPCC, 2007).

Porast emisije CH<sub>4</sub> je nacionalni ali i globalni problem. Naime, Zakonom o klimatskim promenama (Službeni glasnik Republike Srbije br. 26/2021 od 23.3.2021. godine), jedna od prioritarnih aktivnosti na teritoriji Republike Srbije je smanjenje emisije GHG, uključujući i CH<sub>4</sub>, kao i uspostavljanje sistema kojim bi se smanjile emisije ovih gasova na isplativ i ekonomski efikasan način. Time bi se, kako se navodi u Zakonu, doprinelo postizanju naučno zasnovanih neophodnih nivoa emisija ovih gasova i izbegle nepovoljne i opasne promene klime na globalnom nivou. Na globalnom nivou, više od 100 zemalja sveta se, na 26. UN Konferenciji o klimatskim promenama (eng. *UN Climate Change Conference, COP26*), održanoj u Glazgovu od 31. oktobra do 13. novembra 2021. godine, usaglasilo da je emisiju CH<sub>4</sub> potrebno smanjiti za 30%.

## Stočarstvo kao izvor gasova sa efektom staklene bašte

Stočarstvo zauzima poseban značaj u poljoprivrednoj proizvodnji, ekonomiji i ruralnom razvoju. Prema podacima iz 2020. godine, stanovnici Evropske unije su preko 50% svojih potreba za proteinima zadovoljili konzumacijom mesa i mleka. Prema statističkim podacima za 2020 godinu, svaki Evropljanin pojeo je 69,5 kg mesa i popio 236 litara mleka. Pored toga što stočarska proizvodnja obezbeđuje snabdevanje stanovništva nutritivno vrednom hranom animalnog porekla, u globalnoj antropogenoj emisiji GHG, sektor stočarstva učestvuje čak sa 14,5%, pri čemu emisija CH<sub>4</sub> doprinosi najviše (44%). U odnosu na druge grane stočarstva, govedarska proizvodnja ima najveći doprinos u efektu staklene bašte a industrija mleka zauzima vodeće mesto. Unutar industrije mleka, najveći procenat GHG se proizvodi na farmama visoko mlečnih krava, mnogo više nego tokom prerade mleka, s obzirom da je proizvodnja ovih gasova povezana sa aktivnošću buraga. Aktivnošću buraga emituje se CH<sub>4</sub> u procesu koji se naziva *enterična fermentacija*, a koja doprinosi 90 do 95% emisije CH<sub>4</sub>. Preostalih 5 do 10% oslobađa se iz stajnjaka tokom njegove obrade ili skladištenja.

## Poreklo metana sa farmi visko mlečnih krava

Postoje dva glavna izvora CH<sub>4</sub> na farmama visoko mlečnih krava koji, kao što je prethodno istaknuto, uključuju enteričnu fermentaciju i oslobađanje CH<sub>4</sub> iz stajnjaka. Enterična fermentacija podrazumeva biohemijske procese u predželu-

cima preživara prilikom kojih dolazi do proizvodnje  $\text{CH}_4$ . Pri tome,  $\text{CH}_4$  nastao enteričnom fermentacijom, ima udeo od 25% u antropogenoj emisiji  $\text{CH}_4$  (Wuebbles i Hayhoe 2002), a goveda ga, najvećem delom (95%), eliminišu podrigivanjem i izdahom, dok se samo mali deo odstranjuje flatulencijom. U odnosu na enteričnu fermentaciju, stajnjak predstavlja manje značajan, ali ne i zanemarljiv izvor  $\text{CH}_4$ , pogotovo kada se isti skladišti u anaerobnim uslovima.

### Fermentacija u stajnjaku kao izvor emisije metana

Prilikom skladištenja stajnjaka u anaerobnim uslovima dominantno se razvijaju anaerobni mikroorganizmi kojima pripadaju i metanogeni. Oni razlažu organske materije u odsustvu kiseonika što je udruženo sa proizvodnjom  $\text{CH}_4$ , koja se odigrava u tri faze: *hidrolitička*, *kisela* i *metanska*. Hidrolitička faza podrazumeva razgradnju masti, proteina i ugljenih hidrata do osnovnih gradivnih molekula, odnosno dugolančanih masnih kiselina, aminokiselina i prostih šećera. U ovom procesu učestvuju hidrolaze kao egzoenzimi anaerobnih i/ili fakultativno anaerobnih mikroorganizama. Na hidrolitičku fazu nadovezuje se kisela faza koja se karakteriše konverzijom prostih jedinjenja u kratko lančane (C1-C5), isparljive masne kiseline, kao što su mlečna, propionska i buterna kiselina. Zatim, ove kiseline koriste tzv. homoacetogeni mikroorganizmi koji, tokom proizvodnje sirćetne kiseline, oslobađaju  $\text{CO}_2$  i  $\text{H}^+$ . Ovo su polazna jedinjenja za metanogenezu koja se odvija jednim od sledeća tri puta: (1) Acetotrofni put ( $4\text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow 4\text{CO}_2 + 4\text{CH}_4$ ); (2) Hidrogenotrofni put ( $\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \rightarrow 3\text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ ) i (3) Metilotrofni put ( $4\text{CH}_3\text{OH} + 6\text{H}_2 \rightarrow 3\text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ ). Između svih nabrojanih, metanogeneza se dominantno odvija acetotrofnim putem. Postoje procene da ovako nastao  $\text{CH}_4$  ima udeo od približno 2% u antropogenoj emisiji. Pri tome, količina  $\text{CH}_4$  koja će se osloboditi iz stajnjaka zavisi od nekoliko ključnih faktora u koje se ubrajaju: upravljanje stajnjakom, godišnje doba (ambijentalna temperatura) i sastav stajnjaka.

Upravljanje stajnjakom predstavlja značajan element opšteg menadžmenta farme visoko mlečnih krava, koji u mnogom određuje u kojoj meri će se oslobađati  $\text{CH}_4$  iz stajnjaka. Za razliku od ekstenzivne govedarske proizvodnje u kojoj su količine oslobođenog  $\text{CH}_4$  iz stajnjaka relativno male, jer isti ostaje izložen aerobnim uslovima na pašnjacima, intenzivna govedarska proizvodnja predstavlja značajno veći izvor  $\text{CH}_4$  iz stajnjaka. Naime, intenzivna govedarska proizvodnja udružena je sa stvaranjem velikih količina uglavnom tečnog stajnjaka koji se tradicionalno skladišti u tankovima ili jamama u kojima vladaju anaerobni uslovi, koji stimulišu rast metanogenih mikroorganizama i proizvodnju  $\text{CH}_4$ . U skladu sa tim, uskladišteni tečni stajnjak je globalno značajan izvor  $\text{CH}_4$ . Upravo iz toga su proistekle preporuke da se upravljanje stajnjakom na farmama usmeri u pravcu dobijanja čvrstog stajnjaka koji se skladišti u aerobnim uslovima, čime se smanjuje oslobađanje  $\text{CH}_4$ . Sa druge strane, u literature se navode podaci vezani za oslobađanje  $\text{CH}_4$  iz stajnjaka u uslovima ekstenzivnog uzgoja, koji ukazuju da je emisija  $\text{CH}_4$  mnogo veća kod goveda koja pasu ujutro nego kod onih koja pasu posle podne (Priano i sar. 2014).

Dodatno, sa aspekta upravljanja stajnjakom, značajna je i dužina skladištenja stajnjaka. Utvrđeno je da oslobađanje  $\text{CH}_4$  iz stajnjaka raste do 10. nedelje skladištenja, kada dostiže svoj vrhunac. Nakon 10. nedelje, oslobađanje  $\text{CH}_4$  se postepeno smanjuje sve do 40. nedelje skladištenja, kada potencijal stajnjaka za oslobađanje  $\text{CH}_4$  predstavlja samo 8% onog potencijala koji je zabeležen 10. nedelje skladištenja (Cárdenas i sar. 2021).

Osim toga, Cárdenas i sar. (2021) ukazuju da se  $\text{CH}_4$  oslobađa iz stajnjaka u većoj meri u letnjem nego u zimskom periodu godine, jer niske temperature ometaju metanogenezu, pri čemu optimalna temperatura za ovaj proces iznosi približno  $20\text{ }^\circ\text{C}$ . To znači da se upravljanje stajnjakom na farmama može prilagoditi godišnjem dobu, bilo u pravcu kratkog skladištenja stajnjaka tokom letnjeg, a dugog skladištenja stajnjaka tokom zimskog perioda godine, bilo postupcima hlađenja stajnjaka na nivou farme.

Konačno, ukoliko feces sadrži veću količinu razgradivih organskih materija, imaće veći potencijal za proizvodnju  $\text{CH}_4$  od strane metanogenih mikroorganizama.

### **Enterična fermentacija kao izvor emisije metana**

Burag je kompleksan ekosistem koji nastanjuju brojne vrste anaerobnih bakterija, protozoa, gljivica, metanogenih arheja i faga. Ovi mikroorganizmi stupaju u blisku interakciju u cilju razgradnje biljnog materijala koji se ne može razgraditi enzimskih sistemom domaćina, obezbeđujući tako energiju za domaćina, ali i polazna jedinjenja za sintezu organskih biomakromolekula mišića i mleka. Krajnji rezultat toga je dobijanje nutritivno vrednih proizvoda životinjskog porekla, mesa i mleka, koji sadrže proteine visoke biološke vrednosti, vitamine i minerale i koriste se u svakodnevnoj ishrani ljudi. Međutim, osim višestruke koristi koju i ekosistem ima za domaćina, on može predstavljati i rizik za životnu sredinu, zbog prisustva metanogenih arheja čije su metaboličke aktivnosti usmerene, jednim delom, na proizvodnju  $\text{CH}_4$ . Naime, primarna enterična fermentacija dovodi do stvaranja isparljivih masnih kiselina (acetata, propionata i butirata), fermentacionih kiselina (laktata), alkohola (najčešće etanola), sukcinata i isparljivih masnih kiselina razgranatog lanca, ali i gasova, uključujući  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  i amonijak ( $\text{NH}_3$ ) (Ribeiro Pereira i sar. 2015).

Fermentacija u buragu uključuje oksidativne procese u kojima se stvaraju redukcion ekvivalenti ( $\text{NADH}$ ,  $\text{NADPH}$  i  $\text{FADH}$ ), koji se zatim reoksiduju ( $\text{NAD}^+$ ,  $\text{NADP}$  i  $\text{FAD}^+$ ) u reakcijama dehidrogenacije, pri čemu se oslobađa  $\text{H}^+$ . Oslobođeni  $\text{H}^+$  se uklanja putem metanogeneze koja je stoga elektron-akceptorski proces. Proizvodnja  $\text{CH}_4$  je esencijalna za ekosistem buraga jer se tim putem, izbegava prekomerno nakupljanje  $\text{H}_2$  koji bi mogao da inhibira aktivnost dehidrogenaza uključenih u reoksidaciju redukcionih ekvivalenata. Prema tome, efikasno uklanjanje  $\text{H}_2$  iz buraga doprinosi porastu nivoa fermentacije u buragu zbog izostanka njegovog inhibitornog efekta na mikrobijalnu razgradnju biljnog materijala.



Enterični  $\text{CH}_4$  se dobija aktivnošću metanogenih arheja (lat. *Archeae*), grupe mikroorganizama koja se razlikuje od eukariota (protozoa i gljivica) i, zapravo, odgovara bakterijama sa sopstvenim kofaktorima (koenzimi M, F420 i F430) i lipidima (izopren-glicerol estri). Iako metanogeni čine samo mali deo mikroflora buraga, metanogeneza je značajna za funkciju buraga i ishranu životinja. Budući da su arheje odgovorne za metanogenezu kod preživara, učinjeni su ozbiljni napori da se o njima dobije što više informacija. Osim toga, identifikacija njihove metaboličke aktivnosti i diverziteta je preko potrebna za razvoj strategije za redukciju enterične emisije  $\text{CH}_4$ . Sekvencioniranje njihovih genoma pruža dodatne informacije koje mogu pomoći razvoj pomenutih strategija. Važno je, pri tome, napomenuti da drugi mikroorganizmi u buragu, svojom metaboličkom aktivnošću, obezbeđuju odgovarajuću sredinu i supstrate koji su dostupni metanogenima za njihov rast i opstanak. Zbog toga je, prilikom razvijanja strategije za redukciju enterične emisije  $\text{CH}_4$ , neophodno uzeti u obzir ne samo metabolički puteve za proizvodnju  $\text{H}_2$ , već i moguće interakcije između metanogena i drugih mikroorganizama buraga. Kako je napomenuto, vodonik proizveden mikrobijalnom fermentacijom je prekursor metanogenim arhejama za sintezu  $\text{CH}_4$ . Dodatno, metanogene arheje mogu koristiti i format za proizvodnju  $\text{CH}_4$  ali je on, ipak, manje značajan prekursor u poređenju sa  $\text{H}_2$  i odgovoran je za približno 18% proizvedenog  $\text{CH}_4$  (Ribeiro Pereira i sar. 2015). Proizvodi fermentacije u buragu nisu isti u pogledu produkcije  $\text{H}_2$ ; njihova količina zavisi od koncentracije kratkolančanih masnih kiselina i relativnog odnosa između acetata, propionata i butirata. Kvantitativni matematički modeli uzimaju u obzir stehiometrijske proračune fermentacije kako bi balansirali stvaranje  $\text{H}_2$ , kratkolančanih masnih kiselina i drugih proizvoda značajnih za predikciju proizvodnje metana (Ribeiro Pereira i sar. 2015).

Metan se u većoj količini proizvodi u buragu kada je ishrana bogata vlaknima. U tom slučaju povećana sinteza butirata i acetata je udružena sa povišenom koncentracijom  $\text{CO}_2$  i  $\text{H}_2$ , gasova koji se konvertuju u  $\text{CH}_4$  od strane metanogenih mikroorganizama. Sa druge strane, metabolički putevi mogu biti preusmereni na povećanje koncentracije propionata u buragu, čime i emisija  $\text{CH}_4$  može biti smanjena za 40 do 75%. Propionat je glavni prekursor glukoze kod preživara, pri čemu je homeostaza glukoze od ključnog značaja u intenzivnoj proizvodnji mlečnih krava jer se ona koristi u mlečnoj žlezdi za sintezu laktoze koja, kao osmotski aktivno jedinjenje, utiče na količinu izlučenog mleka. Ovo znači da će sve preventivne mere koje "čuvaju" energiju metabolita koji su neophodni u metanogenezi i preusmeravaju ih u metaboličke procese esencijalne za proizvodnju mleka i reproduktivnu aktivnost, simultano doprineti smanjenju emisije  $\text{CH}_4$  i povećanju proizvodnje mleka (Knapp i sar. 2014).

## Emisija enteričnog metana i gubitak energije

Pri energetskom sadržaju od 55,22 MJ/kg,  $\text{CH}_4$  zadržava značajnu količinu energije u proizvodnom sistemu (Tabela 1). Između 5,5% i 6,5% bruto energije koja se unese hranom konvertuje se u  $\text{CH}_4$ . Ipak, merenja u respiracionoj komori

(indirektna kalorimetrija) je pokazala veću emisiju  $\text{CH}_4$  – od 2 do 12% bruto energije koja se unese hranom. Generalno, kako svarljivost raste, rastu i varijacije u proizvodnji metana. Postoje dva glavna uzroka varijacija u proizvodnji  $\text{CH}_4$ : količina ugljenih hidrata koja podleže fermentaciji u buragu i odnos proizvedenog propionata i acetata. Evaluacijom proizvodnje  $\text{CH}_4$  kod junadi hranjenih obrocima zasnovanim na krmnim smešama ili visokom udelu (80%) koncentrata, Harper i sar. (1999) su ustanovili da se 8.1% i 2.1% bruto energije gubi sa  $\text{CH}_4$ , pojedinačno. Prema navodima Kaharabata i sar. (2000), mlečna krava teška 600 kg može proizvesti 268 do 450 g  $\text{CH}_4$  dnevno, što odgovara gubitku energije dovoljnom da se proizvede između 4,55 i 7,65 kg mleka koje sadrži 4% masti. Do interesantnih rezultata došli su i Johnson i sar. (1994) koji su zabeležili da tovnja junad proizvodi 256 L  $\text{CH}_4$  dnevno (9,1% bruto energije unete hranom), a junice 193.9 L  $\text{CH}_4$  dnevno (5,6% bruto energije unete hranom). Konačno, isti istraživači su utvrdili da krave u laktaciji proizvode i do 548,2 L  $\text{CH}_4$  dnevno (5,7% bruto energije unete hranom).

Važno je da se razmatra enterička proizvodnja  $\text{CH}_4$  po jedinici proizvoda životinje koju ona produkuje (kg mleka, mesa ili vune), jer je potrebno težiti balansu između proizvedene hrane za rastuću populaciju ljudi i emisije GHG, uključujući  $\text{CH}_4$ . Redukcija emisije enteričnog  $\text{CH}_4$  bez negativnog uticaja na proizvodne performanse životinja je stoga imperativ u naučnim istraživanjima, a u cilju smanjenje emisija GHG uz povećanje efikasnosti konverzije stočne hrane (Ribeiro Pereira i sar. 2015).

**Tabela 1.** Razlike u emisiji metana, gubicima u energiji u vidu metana i procena izgubljenih hranidbenih dana na godišnjem nivou kod pojedinih vrsta/kategorija preživara

Vrsta ili kategorija preživara	Prosečna telesna masa (kg)	Produkcija metana (kg/grlo/dan)	Gubici u energiji putem $\text{CH}_4$ (MJ/grlo/dan)	Potrebe u energiji (MJ/grlo/dan)	Izgubljeni hranidbeni dani u godini
Ovca	48	10-13	1,5 – 2,0	13	43 – 55
June	470	50-90	7,6 – 13,6	83	33 – 60
Krava	550	91-146	13,6 – 22,1	203	25 – 40

Poboljšanje kvaliteta proizvoda kroz redukciju emisije GHG može da povećava efikasnost stočarske proizvodnje. Barioni i sar. (2007) su utvrdili povećanje stope teljenja sa 55 na 68%, brže dostizanje klanične mase kod junadi i smanjenje mortaliteta sa 7 na 4,5% kod jedinki mlađih od godinu dana uz redukciju emisije  $\text{CH}_4$  za 18%. To znači da bi aktivnosti usmerene na podizanje efikasnosti proizvodnje proporcionalno mogle redukovati emisiju  $\text{CH}_4$ , jer se više proizvoda (meso, mleko ili vuna) dobija korišćenjem istih izvora. Gubici u energiji unetoj hranom su, kroz proces metanogeneze, negativno povezani sa mlečnošću krava, metaboličkom energijom i efikasnošću korišćenja metaboličke energije za laktaciju. Stoga, selekcija visoko mlečnih krava i efikasnije korišćenje energije, mogu biti deo strategije za redukciju enterične emisije  $\text{CH}_4$ .

## Metode za merenje emisije metana na farmama visokomlečnih krava

Tokom proteklih 100 godina razvijeno je nekoliko različitih metoda za merenje emisija  $\text{CH}_4$  sa farmi goveda, kako unutar štale tako i pojedinačno od životinja. Sve metode imaju različite obime primene, prednosti i nedostatke i ni jedna nije savršena u svim aspektima. Ove metode se razlikuju kako po ceni, tako i po aplikativnosti za životinje, kao i prilagođenosti za individualno ili grupno merenje. Za naučnoistraživački rad su pogodnije metode koje se zasnivaju na individualnom merenju emisije  $\text{CH}_4$  (Storm i sar., 2012).

Jedan od najčešće primenjivanih metoda merenja emisije  $\text{CH}_4$  je pomoću *respiracionih komora*. Respiracione komore su inicijalno korišćene za izučavanje energetskog metabolizma kod životinja, čiji je neodvojivi deo kod preživara upravo emisija  $\text{CH}_4$ . Osnovni princip rada komora je sakupljanje izdahnutog vazduha od životinja u kome se meri koncentracija  $\text{CH}_4$ . Pored koncentracije  $\text{CH}_4$ , ova metoda omogućava merenje potrošnje  $\text{O}_2$  i proizvodnje  $\text{CO}_2$ , kao i procenu drugih gasova u tragovima i kvantifikaciju proizvodnje toplote što omogućava procenu brzine metabolizma celog organizma. Glavni nedostatak ove metode je što životinje treba da su naviknute na boravak u komorama, ograničeno je kretanje životinja, potrebna je značajna radna snaga što povećava troškove. Takođe, usled stvaranja "veštačkog okruženja" može doći do odstupanja od uobičajenog načina konzumiranja hrane od strane životinje (smanjen unos suve materije) što može uticati na produkciju gasova. Ipak, s obzirom da se ovom metodom direktno meri emisija  $\text{CH}_4$  od strane životinje, ona se smatra "zlatnim standardom" kada je u pitanju emisija  $\text{CH}_4$  od strane preživara (Storm i sar., 2012; Hill i sar., 2016).

Jedna od novijih tehnika koja je uspostavljena da bi se prevazišla neka ograničenja respiracionih komora jeste indirektno merenje emisije  $\text{CH}_4$  pomoću *in situ*  $\text{SF}_6$  *tracer metode*, tj. praćenja brzine difuzije sumpor heksaflorida. Metoda je uspostavljena prevashodno za merenje emisije  $\text{CH}_4$  kod životinja na ispaši kod kojih se merenja pomoću komore ne mogu primeniti. Osnovni princip se zasniva na mogućnosti merenja emisije  $\text{CH}_4$  na osnovu poznavanja stepena emisije gasa za praćenje iz buraga. Kao gas za difuziju je odabran  $\text{SF}_6$  uzimajući u obzir njegovu netoksičnost, fiziološku inertnost i identično mešanje sa ostalim gasovima buraga u poređenju sa  $\text{CH}_4$ . Dodatno, jeftin je, ima ekstremno nizak nivo detekcije i jednostavan je za analizu.  $\text{SF}_6$  se aplikuje u burag preko specijalno konstruisanih cevčica, a nivo njegovog raspršivanja izvan cevi je prethodno izmeren postavljanjem u vodenom kupatilu na  $39^\circ\text{C}$  u kome se meri dnevni gubitak u masi do potpune stabilizacije. Sakupljanje eliminisanog vazduha vrši se pomoću malog kanistera, haltera i kapilarne cevi. Kapilarna cev se postavlja u nos životinje i povezana je sa kanisterom. Period sakupljanja je obično 1 dan. Koncentracije  $\text{SF}_6$  i  $\text{CH}_4$  u kanisteru se određuje gasnom hromatografijom. Emisija  $\text{CH}_4$  se računa iz stepena oslobađanja  $\text{SF}_6$ , kao i koncentracija  $\text{SF}_6$  i  $\text{CH}_4$  u kanisteru. Iako je upotreba ove tehnike idealna za životinje na paši, glavni nedostatak predstavlja velika varijabilnost u rezultatima merenja kako između životinja tako i unutar iste životinje tokom

uzastopnih dana kao posledica dugog vremena privikavanja životinja na nošenje kompleksnog aparata (Storm i sar., 2012; Hill i sar., 2016).

Upravo da bi se eliminisali nedostaci prethodno navedenih metoda, pre svega uticaj na ponašanje životinja koji može uticati na rezultate, predložena je upotreba alternativnih metoda za određivanje  $\text{CH}_4$  na farmama. One podrazumevaju kontinuiranu analizu udahnuto-izdahnutog vazduha iz hranilica u automatskim sistemima za mužu ili hranilica za koncentrat, tzv. *GreenFeed TM* metod. Ovaj metod koristi sličan sistem određivanja kao i respiracione komore ali je prednost u tome što nema potrebe za privikavanjem životinja na novonastale uslove sredine (Huhtanen i sar., 2015).

U zadnje vreme razvijene su i savremene *in situ* metode za merenje produkcije gasova. Ove metode podrazumevaju korišćenje gas senzor kapsula/bolusa koji mere koncentraciju  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2$  i  $\text{CO}_2$  kod preživara, ali i enteričnih gasovi kod ljudi. Ovi bolusi/kapsule se aplikuju direktno u burag kod goveda gde mere i omogućavaju kontinuirano praćenje produkcije gasove u realnom vremenu. Princip rada ovih bolusa je zasnovan na senzorima sa *infra red* tehnologijom koji imaju mogućnost merenja od 0-100 % koncentracije  $\text{CH}_4$  i  $\text{CO}_2$  kao i praćenju drugih uslova u buragu kao što su temperatura i pH vrednost (Hill i sar., 2016).

Novije razvijena metoda za procenu emisije  $\text{CH}_4$  od goveda se bazira na upotrebi  $\text{CO}_2$  kao gasa za praćenje. Umesto da se koristi spolja dodati  $\text{SF}_6$  prirodno emitovani  $\text{CO}_2$  se koristi da se kvantifikuje emisija  $\text{CH}_4$ . Odnos u produkciji gasa između  $\text{CH}_4$  i  $\text{CO}_2$  kod životinja koje se ispituju se meri u regularnim intervalima i kombinuje sa izračunatim ukupnom dnevnom produkcijom  $\text{CO}_2$  kod životinja. Na taj način bi se na osnovu emisije  $\text{CO}_2$  mogla izračunati i emisija  $\text{CH}_4$  (Storm i sar., 2012). Upravo pomenuta upotreba gas senzor kapsula/bolusa koja omogućava kontinuirano merenje produkcije  $\text{CO}_2$  je značajna za naučnoistraživački rad jer bi se mogli razviti modeli za procenu emisije  $\text{CH}_4$  indirektnim merenjem  $\text{CO}_2$ .

Pored ovih metoda, razvijene su i *in vitro* metode kao što je *in vitro gasno produkujuća metoda* (eng. *in vitro gas production technique*, IVGPT) koja za cilj ima da se kontrolisanom fermentacijom hrane u laboratorijskim uslovima uz angažovanje prirodne mikroflore buraga odredi količinu proizvedenog  $\text{CH}_4$ . Ovaj tip ispitivanja traje relativno kratko, od 1 do 4 nedelje. Da bi se izvela ova metoda neophodno je da se uzme ruminalna tečnost od krava putem ugrađene ruminalne fistule ili sondiranjem životinje. S obzirom da kod ove metode nema pripremnog perioda koji kod uvođenja nove hrane iznosi 14 dana, a kod metanprodukujućih bakterija do 30 dana, ova metoda se uglavnom koristi za prvo testiranje hraniva ili određenih aditiva, a pre uspostavljanja skupih oglada na živoj životinji (Hill i sar., 2016).

Jedna od metoda za određivanja emisije  $\text{CH}_4$  je i korišćenje *statističkih modela za predikciju* koje kao podatak koriste podložnost fermentaciji hraniva koja se koriste u ishrani krava. Međutim, glavni ograničavajući faktor primene ovakvih metoda je nemogućnost uključivanja brojnih fizioloških specifičnosti životinja kao i

brojnih uticaja iz spoljašnje sredine na produkciju i emisiju  $\text{CH}_4$  u statistički model, a da bi predikcija bila pouzdana (Hill i sar., 2016)

## Strategije za smanjenje emisije metana

### Strategije za smanjenje emisije metana iz stajnjaka

*Regulisanje temperature stajnjaka.* Svako smanjenje temperature za 1 – 2 °C dovodi do smanjenja oslobađanja  $\text{CH}_4$  iz stajnjaka za 5 – 10%. Ovo se može postići aktivnim hlađenjem površine tečnog stajnjaka u tankovima koji su poklopljeni. Dodatno, i podzemne vode mogu koristiti za hlađenje stajnjaka.

*Acidifikacija tečnog stajnjaka.* Ustanovljeno je da procesu metanogeneze najviše odgovara neutralna elektrohemijska reakcija sredine (pH=7). Interesantno je da se emisija  $\text{CH}_4$  smanjuje za 50% kada se pH spusti na 6,5 ili poraste na 8,3. Međutim, cilj je da se pH stajnjaka spusti na 4,5 jer je pri tim vrednostima značajno smanjena i emisija amonijaka i azot-oksida iz stajnjaka. U svrhu acidifikacije stajnjaka, najčešće se koristila azotna kiselina, ali je to pokrenulo brojna pitanja vezana za posledično oslobađanje azot-oksida iz stajnjaka tretiranog azotnom kiselinom. Ova pitanja su razrešena kada je utvrđeno da se oslobađanje azot-oksida značajno smanjuje pri pH 4,5. Acidifikacija je pokušana i primenom organskih kiselina, uključujući limunsku i mlečnu kiselinu, što je dalo neočekivane rezultate. Naime, dodavanjem limunske i mlečne kiseline i spuštanjem pH vrednosti tečnog stajnjaka na 6, emisija  $\text{CH}_4$  je bila veća nego pri pH 7, odnosno, bez dodavanja bilo kakvog sredstva za acidifikaciju.

*Proizvodnja biogasa.* U proizvodnji biogasa, kao strategiji za redukciju emisije  $\text{CH}_4$ , nalazi se ogroman potencijal jer usmerava različite privredne grane na korišćenje alternativnih izvora energije i zaštitu životne sredine, a pruža i socio-ekonomsku korist. O potencijalu i aktuelnosti ove strategije, možda, najbolje govori podatak da je u Nemačkoj, u 2019. godini, bilo instalirano 9.527 biogas postrojenja sa instaliranom električnom snagom od 5.000 MW, što je u tom trenutku odgovaralo čak polovini od ukupnog broja postrojenja u čitavoj Evropi. Pri tome, bitno je napomenuti da ova strategija za redukciju emisije  $\text{CH}_4$  iz stajnjaka zahteva prikupljanje  $\text{CH}_4$  iz tankova pre nego što on dospe u vazduh, pri čemu je primarna sirovina, za najveći broj dostupnih postrojenja, tečni stajnjak. Ukoliko se na određenoj farmi kao sirovina, ipak, dobija čvrsti stajnjak, onda je takvu sirovinu neophodno pripremiti na adekvatan način, što omogućava novija generacija biogas postrojenja. Konačno, prikupljeni  $\text{CH}_4$  se može, zahvaljujući njegovoj zapaljivosti, koristiti za proizvodnju toplote i/ili električne struje, čime se mogu umanjiti troškovi na jednoj farmi krava (Đatkov i sar. 2021).

### Strategije za smanjenje emisije metana enteričnom fermentacijom

Sve preventivne mere koje „zadržavaju“ energetske metabolite koji su neophodni u metanogenezi i preusmeravaju ih u metabolički proces neophodan za

produkciju mleka i reproduktivnu aktivnost, istovremeno doprinose smanjenju emisije  $\text{CH}_4$  i povećanju proizvodnje krava (Huws i sar. 2018).

Nutritivne strategije za smanjenje emisije enteričkog  $\text{CH}_4$  uglavnom su usmerene u dva pravca. Jedan pravac se odnosi na menadžment obroka, a drugi su različiti dodaci koji se dodaju u obrok sa ciljem smanjenja produkcije  $\text{CH}_4$ . U istraživanjima je poređen uticaj na metanogenezu obroka u kome su odvojeno davani koncentrovani i kabasti deo obroka (eng. *roughage and concentrate separately*, SF) i potpuno miksiranog obroka (eng. *total mixed ration*, TMR). Međutim, dobijeni podaci prilično su kontradiktorni. Pojedina istraživanja ukazuju na to da je prinos mleka po jedinici suve materije hrane oko 4% veći za TMR obrok nego za SF obrok, ali nije zapažen uticaj na produkciju  $\text{CH}_4$ . Druga istraživanja ukazuju na značajno veći prinos  $\text{CH}_4$  kod TMR obroka nego za SF obrok (Bharanidharan i sar. 2018). Razlog ovih razlika leži, moguće, u uzrastu životinja koje su korišćene u istraživanjima, broju obroka u toku dana, geografskim područjima u kojima su istraživanja vršena i sastavu svake komponente obroka.

Drugi pravac istraživanja nutritivnih strategija za smanjenje  $\text{CH}_4$  se odnosi na različite dodatke ishrani kao što su upotreba hemijskih inhibitora metanogeneze (bromohlorometan), receptora elektrona kao što su fumarat, nitrati, sulfati, i nitro etan i bioaktivnih biljnih jedinjenja kao što su tanin i saponin. Međutim, upotreba ovih jedinjenja kao dodataka hrani je takođe kontradiktorna zbog nekoliko štetni efekta koji se mogu izazvati kao što je smanjenje svarljivosti biljnih vlakana, smanjen unos hrane, toksičnost za mikrobiom buraga i upitno trajanje efekta primenjenog dodatka. U tom pogledu upotreba prirodnih bioaktivnih biljnih jedinjenja kao što su tanini u smanjenju metanogeneze se smatra najbezbednijom za životinje i ekološki opravdanom. Tanini su biljni metaboliti, polifenoli rastvorljivi u vodi poznati po afinitetu vezivanja za proteine, aminokiseline, metalne jone i polisaharide a takođe imaju i baktericidno dejstvo. Delujuć baktericidno na pojedine metanogene bakterije mogu smanjiti enteričku proizvodnju  $\text{CH}_4$ . Ono što predstavlja problem u upotrebi tanina je činjenica da su koncentracija u biljkama i bioaktivnost tanina pod uticajem nekoliko faktora kao što su temperatura, količina vode, interakcija sa ostalim hranljivim materijama. Ovo se uglavnom prevazilazi korišćenjem ekstrahovanih tanina određene koncentracije i bioaktivnosti. Međutim, s obzirom na evidentan uticaj na mikroforu, ne samo buraga, nego i distalnih partija digestivnog trakta preživalara postoje indicije da tanini mogu menjati i mikroforu fecesa te je za potrebe ispitivanja potpunog uticaja tanina potrebno pratiti i efekat tanina na oslobađanje  $\text{CH}_4$  iz fecesa (Fagundes i sar. 2020). Pored efekata na metanogenezu naša ranija istraživanja ukazuju na to da kvalitet kolostruma i metabolički i antioksidativni status krava mogu biti poboljšani korišćenjem tanina (Prodanović i sar. 2021).

Poslednjih godina se kao nutritivni dodatak za ishranu goveda koji smanjuje produkciju  $\text{CH}_4$  u buragu i njegovu emisiju u spoljnu sredinu koristi ekstrakt crvenih morskih algi (lat. *Ascophyllum Nodosum*) bilo samostalno bilo u kombinaciji sa drugim sastojcima koji stabilizuju mikroforu buraga (Abbot i sar. 2020).



## ZAKLJUČAK

Metan je GHG koji ima značajnu ulogu u globalnom zagrevanju. Govedarska proizvodnja, a posebno farme visoko mlečnih krava, predstavljaju značajan izvor emisije metana. Metan se stvara kako tokom fermentacije u buragu krava (oko 90%), iz koga se pretežno eliminiše podrigivanjem, ali i fermentacionim procesima u stajnjaku (oko 10%). Da bi se uticalo na emisiju metana, neophodno je upotrebom adekvatnog sistema merenja, odrediti kolika je produkcija metana kako pojedinačno po životinji tako i u ambijentu. Cilj je da se smanji produkcija metana što se može postići različitim nutritivnim strategijama, ali uz preusmeravanje energije koja bi se izgubila metanom u metaboličke puteve koji vode ka povećanoj proizvodnji mleka. Istraživanja u ovoj oblasti su brojna ali rezultati su kontradiktorni. Jedan od razloga je nedovoljno razvijena tehnologija za precizno merenje emisije metana ali i izostanak protokola za procenu emisije metana po jedinici proizvoda čime bi se uspostavio povoljan balans između smanjene emisije i povećane proizvodnje. Stoga je ispitivanje nutritivnih strategija u redukciji emisiji metana i uspostavljanje statističkih modela kojim bi se predvidela emisija metana na osnovu proizvodnog i nutritivnog statusa krava i dalje izazov za istraživače širom sveta.

### Zahvalnica:

Istraživanje je sprovedeno uz podršku Fonda za nauku Republike Srbije, broj projekta 7750295, "Mitigation of methane production from dairy cattle farm by nutritive modulation of cow's metabolism-MitiMetCattle"

## LITERATURA

1. Abbott DW, Aasen IM, Beachemin KA, Grondahl F, Gruninger R, Hayes M et al., 2020, Seaweed and seaweed bioactives for mitigation of enteric methane: challenges and opportunities, *Animals*, 10 (12), 2432.
2. Barioni LG, Lima MA de, Zen S, Guimarães Júnior R, Ferreira AC, 2007, Abaseline projection of methane emissions by the Brazilian beef sector: preliminary results, In: Greenhouse Gases and Animal Agriculture conference, Christchurch, New Zealand: Proceedings.
3. Bharanidharan R, Arokiyaraj S, Kim EB, Lee, CH, Woo YW, Na Y, Kim D. and Kim, KH, 2018, Ruminant methane emissions, metabolic, and microbial profile of Holstein steers fed forage and concentrate, separately or as a total mixed ration, *PLoS one*, 13(8), p.e0202446.
4. Cárdenas A, Ammon C, Schumacher B, Stinner W, Herrmann C, Schneider M, Amon B, 2021, Methane emissions from the storage of liquid dairy manure: Influences of season, temperature and storage duration, *Waste Manage*, 121, 393-402.
5. Đatkov Đ, Višković M, Martinov M, Nesterović A, Bojić S, Venus T, Effenberger M, 2021, Mala biogas postrojenja. Supported by: Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety of Germany and European Climate Initiative (EUKI), 1-20.
6. Fagundes GM, Benetel G, Welter KC, Melo FA, Muir JP, Carriero MM, Souza RL, Meo-Filho P, Frighetto RT, Berndt A, Bueno IC, 2020, Tannin as a natural rumen modifier to control methanogenesis in beef cattle in tropical systems: friend or foe to biogas energy production?, *Research in Veterinary Science*, 132, 88-96.
7. Harper LA, Denmead OT, Freney JR, Byers FM, 1999, Direct measurements of methane emissions from grazing and feedlot cattle, *J Anim Sci*, 77, 1392-401.

8. Hill J, McSweeney C, Wright AG, Bishop-Hurley G, Kalantar-Zadeh K, 2016, Measuring Methane Production from Ruminants, *Trends Biotechnol*, 34, 26-35.
9. Huhtanen P, Cabezas-Garcia EH, Utsumi S, Zimmerman S, 2015, Comparison of methods to determine methane emissions from dairy cows in farm conditions, *J Dairy Sci*, 98, 5, 3394-409.
10. Huws SA, Creevey CJ, Oyama LB, Mizrahi I, Denman SE, Popova M, Muñoz-Tamayo R, Forano E, Waters SM, Hess M, Tapio I, 2018, Addressing global ruminant agricultural challenges through understanding the rumen microbiome: past, present, and future, *Frontiers in microbiology*, 25, 2161.
11. IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006, Emissions from livestock and manure management, In: Eggleston HS, Buendia L, Miwa K, Ngara T, Tabane K, editors. *IPCC Guidelines for nacional greenhouse gas inventories*. Hayama: IGES, 747-846.
12. IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007, Climate change 2007: The Physical Science Basis. *IPCC Fourth Assessment Report (AR4)*.
13. Johnson KA, Huylar MT, Westberg HH, Lamb BK, Zimmerman P, 1994, Measurement of methane emissions from ruminant livestock using a SF6 tracer technique, *Environ Sci Technol*, 28, 359-62
14. Kaharabata SK, Schuepp P, Desjardins RL, 2000, Estimating methane emissions from dairy cattle housed in a barn and feedlot using an atmospheric tracer, *Environ Sci Technol*, 34, 3296-302.
15. Knapp JR, Laur GL, Vadas PA, Weiss WP, Tricarico JM, 2014, Invited review: Enteric methane in dairy cattle production: Quantifying the opportunities and impact of reducing emissions, *J Dairy Sci*, 97, 3231-61.
16. Priano ME, Fusé VS, Gere JI, Berkovic AM, Williams KE, Guzmán SA, Juliarena MP, 2014, Strong differences in the CH<sub>4</sub> emission from feces of grazing steers submitted to different feeding schedules, *Anim Feed Sci Tech*, 194, 145-50.
17. Prodanović R, Nedić S, Simeunović P, Borozan S, Nedić S, Bojkovski J, Kirovski D, Vujanac I, 2021, Effects of chestnut tannins supplementation of prepartum moderate yielding dairy cows on metabolic health, antioxidant and colostrum indices, *Annals of Animal Science*. 21(2), 609-21.
18. Ribeiro Pereira LG, Machado FS, Campos MM, Guimaraes Júnior R, Tomich TR, Reis LG, Coombs C, 2015, Enteric methane mitigation strategies in ruminants: a review, *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 28, 124-43.
19. Storm IM, Hellwing AL, Nielsen NI, Madsen J, 2012, *Methods for Measuring and Estimating Methane Emission from Ruminants*, *Animals*, 2, 160-83.
20. *Zakon o klimatskim promenama*, 2021, Službeni glasnik Republike Srbije br. 26/2021 od 23.3.2021. godine

## METHANE EMISSION FROM DAIRY FARMS – POTENTIAL ENVIRONMENTAL RISK

**Danijela Kirovski, Ljubomir Jovanović, Dušan Bošnjaković,  
Milica Stojić, Radiša Prodanović, Sreten Nedić, Ivan Vujanac**

Increases in greenhouse gases emissions leads to global warming which provoke irreversible environmental changes. The major greenhouse gases are carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), methane (CH<sub>4</sub>) and nitrous oxide (N<sub>2</sub>O), contributing to overall emission with 55%, 15% and 6%, respectively. Although CH<sub>4</sub> percentage content is lower than CO<sub>2</sub>, its global warming potential is 28 times greater than CO<sub>2</sub>. In global anthropogenic emissions of greenhouse gases, the livestock sector contributes 14.5% with CH<sub>4</sub> emission contributing most (44%). Compared to other livestock subsectors, cattle production has major contribution



to greenhouse effect, with dairy cows having leading position, since production of these gases, including  $\text{CH}_4$ , is associated with rumen activity. Dairy cows produce  $\text{CH}_4$  mainly by enteric fermentation (90%). Namely, within rumen methanogenic microorganisms convert produced  $\text{CO}_2$  and  $\text{H}_2$  to  $\text{CH}_4$ , which is eliminated mainly by burping. The rest of  $\text{CH}_4$  from dairy farms originates from manure. Mitigation of methane from manure is achieved by applying adequate manure management system, but mitigation of methane from enteric fermentation is more challenging for scientific community and is possible to obtain by using different nutritional strategies which may redirect metabolic pathways that lead to  $\text{CH}_4$  production in those which leads to increased milk production.

**Key words:** dairy cows, environment, methane

**Organizaciju XLIII simpozijuma za inovacije znanja veterinara,  
finansijski su podržale sledeće organizacije i preduzeća:**

**Pokrovitelj**

Ministarstvo poljoprivrede šumarstva i vodoprivrede – Uprava za veterinu  
uz podršku Veterinarske komore Srbije

**Veliki sponzori:**

Ave & Vetmedic  
Aevum pet care  
Kinološki savez Srbije  
Veterinarski institut dr Vaso Butozan

**Sponzori:**

VSI Kraljevo  
VSI Jagodina  
Naučni institut za veterinarstvo Srbije  
Institut za higijenu u tehnologiju mesa  
Marlofarma  
Promedia  
Vivogen  
VS Bujanovac  
Veterinarski zavod Subotica  
Hrana produkt  
Superlab  
VSI Šabac  
Naučni institut za veterinarstvo Novi Sad  
UVPS  
VSI Niš  
Krka Farma  
Fishcorp 2000 feed  
Evrolek  
Zoolek  
Biochem Balkan  
VSI Subotica  
VSI Sombor  
VS Mladenovac  
Naturavitalis  
VSI Pančevo  
VSI Zaječar  
Lusa vet  
Royal Vet  
VSI Požarevac  
Primavet

CIP - Каталогизација у публикацији - Народна библиотека Србије, Београд  
636.09(082)

СЕМИНАР за иновације знања ветеринара (43 ; 2022 ; Београд)  
Зборник предавања XLIII Seminara za inovacije znanja veterinara,  
Београд, [25.02.2022.] / [urednik Dragan Gvozdić]. - Београд : Факултет  
ветеринарске медицине, Центар за издавачку делатност и промет учила,  
2022  
(Београд : Научна КМД). - [7], 205 стр. : илустр. ; 24 cm

На врху насл. стр.: Универзитет у Београду. - Тираж 450. - Стр. [3]:  
Предговор / Milorad Mirilović, Danijela Kirovski. - Библиографија уз  
svaki rad. - Summeries. - Registar.

ISBN 978-86-80446-46-2

а) Ветерина - Зборници

COBISS.SR-ID 58357769