

# Utjecaj hranidbe goveda na izlučivanje metana u okoliš

---

Tilhof, Katarina

Master's thesis / Diplomski rad

2020

*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:151:327684>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-04-02**



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](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Katarina Tilhof

Diplomski sveučilišni studij Zootehnike

Smjer Hranidba domaćih životinja

**Utjecaj hranidbe goveda na izlučivanje metana u okoliš**

Diplomski rad

Osijek, 2020.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Katarina Tilhof

Diplomski sveučilišni studij Zootehnike

Smjer Hranidba domaćih životinja

**Utjecaj hranidbe goveda na izlučivanje metana u okoliš**

Diplomski rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. Prof. dr. sc. Pero Mijić, predsjednik
2. Prof. dr. sc. Zvonimir Steiner, mentor
3. dr. sc. Mario Ronta, član

Osijek, 2020.

## **SADRŽAJ:**

1. UVOD.....	1
2. PROBAVA PREŽIVAČA.....	2
2.1. Građa predželudaca i pravog želuca goveda.....	3
2.2. Proces probave hrane.....	6
3. GIBANJE PREDŽELUDACA.....	8
3.1. A – ciklus i B – ciklus.....	8
3.2. Eruktacija.....	9
4. HRANIDBA GOVEDA.....	10
4.1. Voluminozna krmiva.....	11
4.1.1. Zelena voluminozna krmiva.....	12
4.1.2. Konzervirana voluminozna krmiva.....	13
4.2. Koncentrirana – krepka krmiva.....	16
4.3. Precizna hranidba.....	18
5. UGLJIKOHIDRATI U PROIZVODNJI METANA (CH <sub>4</sub> ).....	20
5.1. Ugljikohidrati kao izvor energije.....	20
5.2. Uloga ugljikohidrata u proizvodnji metana.....	21
5.3. Bakterije buraga.....	23
6. METAN.....	25
6.1. Reakcije alkana.....	25
6.2. Efekt staklenika.....	25
7. GOVEDARSTVO U STVARANJU I SUZBIJANJU EMISIJE PLINOVA.....	28
7.1. Bioplin.....	29
7.2. 3 – Nitrooksiopropanol ( 3 – NOP).....	31
7.3. Dodaci hrani.....	33
7.4. Genetika i selekcija.....	34
8. ZAKLJUČAK.....	36
9. POPIS LITERATURE.....	37
10. SAŽETAK.....	40
11. SUMMARY.....	41
12. POPIS SLIKA.....	42
13. POPIS TABLICA.....	43
TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA.....	44
BASIC DOCUMENTATION CARD.....	45

## 1. UVOD

Prema načinu hranidbe i anatomske – fiziološke odlikama, goveda predstavljaju posebnu kategoriju domaćih životinja. Iako značajan dio obroka goveda čine voluminozna krmiva, ipak ona moraju biti nadopunjena i koncentriranim krmivima. Pri sastavljanju obroka u hranidbi goveda postoje orijentacijske preporuke o udjelu pojedinih krmiva. U buragu preživača pomoću enzima mikroorganizama ugljikohidrati se razgrade do monosaharida, no proces se nastavlja dalje, do hlapivih masnih kiselina, octene, propionske i maslačne, a također se u buragu pojavljuje ugljikov dioksid ( $\text{CO}_2$ ) i metan ( $\text{CH}_4$ ), koji eruktacijom (podrigivanjem), koja je nečujna pojava, odlaze u atmosferu. Metan sadrži energiju pa je životinjama potreban kao izvor energije, odnosno topline. Iako je životni vijek metana ( $\text{CH}_4$ ) u atmosferi puno kraći od ugljikovog dioksida ( $\text{CO}_2$ ), štetni utjecaj metana puno je veći. Po jedinici mase, utjecaj metana na klimatske promjene tijekom 20 godina je 84 puta veći od  $\text{CO}_2$ . Zbog velikog porasta metana ( $\text{CH}_4$ ) u atmosferi zadnjih desetak godina, pokušava se raznim metodama poput dodataka u hrani preživača, genetskom selekcijom i proizvodnjom bioplina, smanjiti količinu metana u atmosferi i time smanjiti efekt staklenika.

## 2. PROBAVA PREŽIVAČA

Zbog građe probavnog trakta, goveda iskorištavaju za otprilike 1/3 slabije probavljivi protein i probavljive ugljikohidrate nego svinje. Razlog tome je metabolizam mikroorganizama u predželucima, za čije se potrebe rasta i razvoja koristi i dio hranjivih tvari obroka. S druge strane kroz mikrobiološku aktivnost, goveda puno bolje koriste sirovu vlakninu, te se na taj način pojedina krmiva mogu mnogo bolje oplemeniti.

Za burag preživača može se reći da je idealna komora za fermentaciju organske tvari, tj za mikrobiološku aktivnost. Zahvaljujući enzimima koje sadrže mikroorganizmi, goveda mogu probaviti i celulozu iz hrane. Najveća je koncentracija mikroorganizama svakako u buragu preživača. Računa se da na jedan ml buražnog soka dolazi 10 milijardi bakterija, koji čine 5-10% ukupnog sadržaja buraga, odnosno masu od 3-7 kg. Količina bakterija ovisi o vrsti hrane. Razgrađujući staničnu opnu, koja je sačinjena od celuloze, sadržaj stanice, koji čine lakoprobavljivi ugljikohidrati, bjelančevine i masti, postaju dostupani životinji (Domaćinović, 2006.).

Tablica 1. Volumen probavnog trakta u L (Kirchgeßner i sur., 2008.)

	Govedo	Ovca	Konj	Svinja
<b>Ukupan kanal</b>	330	45	210	<b>25</b>
<b>Želudac</b>	10-20	2-4	10-25	<b>5-10</b>
<b>Predželuci</b>	150-230	20-30	-	-
<b>Tanko crijevo</b>	65	10	65	<b>9</b>
<b>Debelo crijevo</b>	40	6	130	<b>10</b>
<b>Slijepo crijevo</b>	10	1	40	<b>2</b>
<b>Vol. Prob. trakta/ 100 kg težine</b>	<b>65</b>	<b>75</b>	<b>35</b>	<b>25</b>

Probavljivost hrane najviše ovisi o probavnom sustavu, koji se sastoji od više dijelova i različito je građen, ovisno o vrsti životinje. Preživačima je zajedničko to da imaju složeni

želudac koji se sastoji od predželudaca i pravog želudca – burag, kapura, knjižavac i sirište.

Prva tri dijela su predželuci, dok je sirište pravi želudac. Jednjak ulazi u želudac na kupoli zvanoj *atrium ventriculi*. Sirište prelazi u tanko crijevo. Predželudci su prekriveni slojevitim epitelom čiji je površinski sloj keratiniziran. Sirište predstavlja izuzetak jer ima žljezdani epitel i luči digestivne sokove. Domaćinović i sur. (2015.) potvrdili su da zidovi buraga imaju snažnu muskulaturu što omogućava miješanje hrane. Finije čestice se sakupljaju u donjem dijelu buraga. Nakon usitnjavanja i djelovanja mikroorganizama, sadržaj buraga (djelomično probavljena hrana + mikroorganizmi) prelazi kroz knjižavac, sirište, a potom ulazi u crijeva.

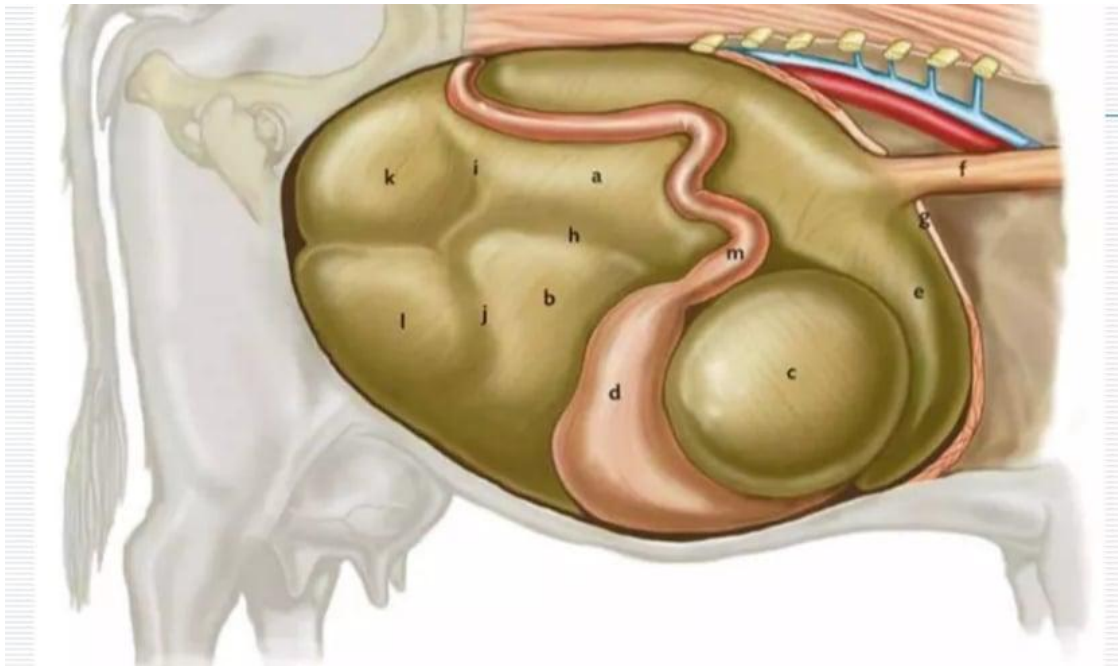
## **2.1. Građa predželudaca i pravog želuca goveda**

### **Burag:**

Liker (2015.) objašnjava da je burag najveći predželudac i u potpunosti ispunjava lijevu polovicu trbušne šupljine. Proteže se od ošita do ulaza u zdjelicu, te od kralježnice do ventralne trbušne stijenke. Volumen buraga je 120-180 L. U novorođenog preživača sirište je najrazvijenije, na njega otpada 55-60% ukupne težine želudaca. Taj se odnos počinje mijenjati uzimanjem hrane prikladne za preživače. Porast težine i zapremnine, razvoj resica i keratinizaciju epitela potiče voluminozna krma čijom fermentacijom nastaju kratkolančane masne kiseline. Svršetkom prijelaznog razdoblja, predželuci čine 80-90% ukupne težine, odnosno oko 50% težine probavnog kanala. Burag je lateralno spljošten pa razlikujemo dvije površine, dva ruba i dva kraja. Burag je izvana i iznutra podijeljen brazdama, odnosno gredicama, u manje i jače izražene odjeljke. Vanjskoj brazdi ili žlijebu (sulcus) odgovara unutrašnja gredica (pila) koja se ističe u motorici buraga, to je nabor stijenke buraga pojačan dodatnim mišićnim snopovima. Kapura leži uz dijafragmu, dok se burag proteže skoro do zdjelične šupljine. Na slikama su prikazani dijelovi govedeg retikolorumena i prikaz unutrašnjih anatomskih odnosa.

Opis slike 1:

- a) Dorzalna vreća
- b) Ventralna vreća
- c) Knjižavac
- d) Sirište ili žljezdani želudac
- e) Kapura
- f) Jednjak
- g) Ošit
- h) Longitudinalni (uzdužni) žlijeb
- i) Dorzalni (gornji) koronarni žlijeb
- j) Ventralni (donji) koronarni žlijeb
- k) Dorzo – kaudalna slijepa vreća
- l) Ventro – kaudalna slijepa vreća
- m) Dvanaesnik



Slika 1. Pogled s lijeve strane na predželuce i sirište goveda

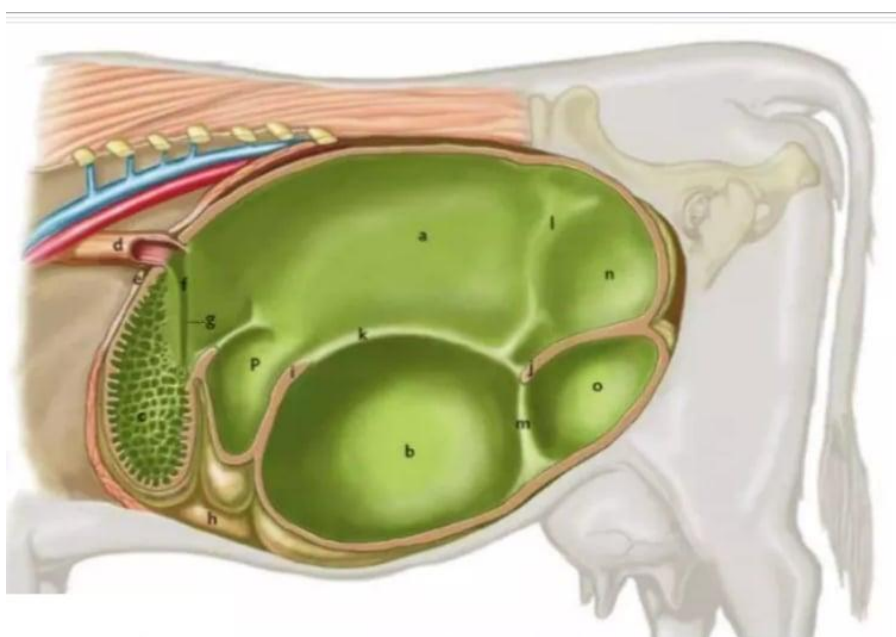
Izvor: [https://www.mun.ca/biology/scarr/Ruminant\\_Digestion.html](https://www.mun.ca/biology/scarr/Ruminant_Digestion.html)



Opis slike 2:

- a) Dorzalna vreća
- b) Ventralna vreća
- c) Kapura
- d) Jednjak
- e) Dijafragma
- f) Jednjački žlijeb
- g) Retikulo – omazalni otvor
- h) Sirište
- i) Kranijalna pila
- j) Kaudalna pila
- k) Longitudinalna pila
- l) Dorzalna koronarna pila
- m) Ventralna koronarna pila
- n) Dorzokaudalna slijepa vreća
- o) Ventrokaudalna slijepa vreća
- p) Kranijalna vreća

Kranijalno od atrija nalazi se kapura,ovu granica označava dobro vidljivi žlijeb (sulcus ruminoreticularis), a iznutra je isto tako dobro izražen ruminoretikularni nabor



Slika 2. Uzdužni presjek goveđeg retikolorumena

Izvor: <http://www.gcmecc.com/projects/1-ton-sheep-cattle-small-feed-mill-plant.html>

### **Kapura i knjižavac:**

Caput (1987.) objašnjava kako je kapura kuglasta, smještena između buraga i ošita, sluznica joj je bez žlijezda te izgleda poput pčelinjeg saća. Knjižavac na sluznici ima „listove“, a neposredno komunicira s predvorjem želuca. Otvor između kapure i knjižavca je mal dok je otvor između knjižavca i sirišta srazmjerno veliki. Ova dva otvora povezana su kanalom koji se naziva i žljeb omazus.

### **Sirište:**

Uremović (2004.) objašnjava kako hrana iz predželudaca odlazi u sirište prekriveno žljezdanom sluznicom koja izlučuje enzime za probavu proteina. U krava s većim udjelom koncentrata u obroku i s malo udjela dugog sijena, sirište se pomiče lijevo (u 85% slučajeva) ili desno od njegova normalnog položaja.

Sirište je pravi žljezdani želudac sa sličnom funkcijom kao što ima želudac kod nepreživača. Sirište ima dva dijela: fundusni i *atrium pilori*. Sluzokoža fundusnog dijela je karakteristična po većem broju nabora. Ima 12 ili više spinalnih nabora gdje se nalaze fundusne žlijezde. *Atrium pilori* je više muskulozan i sadrži pilorične žlijezde.

Tijekom života goveda mijenja se međusobni odnos pojedinih dijelova digestivnog trakta. U vrijeme teljenja funkcionalno je razvijen samo jedan dio želuca – sirište. Ostali dijelovi su slabo razvijeni. U njima nije zastupljena populacija mikroorganizama kao kod odraslih grla. U uobičajenim uvjetima držanja i hranidbe funkcije pred želudaca su sasvim razvijene sa oko 3 mjeseca. One započinju već u drugom tjednu života, a sa 6 tjedana u populaciji mikroorganizama zastupljene su sve vrste kao i kod odraslih grla. U prvim mjesecima života teleta predželuci se brže razvijaju od sirišta, tako da je sa četiri mjeseca odnos skoro isti kao kod odraslih grla. Hranidba najviše utječe na brzinu ovih promjena (Domaćinović, 2006.).

## **2.2. Proces probave hrane**

Liker (2015.) objašnjava da se proces probave hrane kod preživača sastoji se iz nekoliko faza, započinje žvakanjem čiji je cilj da primarno usitni hranu, pomiješa hranu sa slinom i stvori zalogaj (*bolus*) koji životinja može progutati. Zatim slijedi lučenje sline koje je izuzetno značajno za probavu hrane kod preživača. Njime se pomaže žvakanje i gutanje hrane i osiguravaju soli kalija i natrija koje imaju puferno svojstvo u buragu (neutraliziraju kiseline koje nastaju u procesu fermentacije). Pored ovoga, kroz slinu se osiguravaju neke

hranljive tvari (urea, fosfor, magnezij i klor) za mikroorganizme u buragu, kao i supstance (mucin) koje sprečavaju nadam. Nakon lučenja slin slijedi preživanje koje je specifično za probavu goveda. Preživanje se sastoji u vraćanju sadržaja buraga u usnu duplju, odvajanja i gutanja tečnog dijela sadržaja, ponovnog žvakanja čvrstog dijela sadržaja (ostataka hrane) uz dalje natapanje slinom i gutanja novostvorenog zalogaja. Na ovaj način se hrana vrlo efikasno usitnjava čime se olakšava djelovanje enzima koje stvaraju mikroorganizmi u buragu. Krava u toku dana napravi 40 – 45 tisuća pokreta vilicama. Akt preživanja sastoji se od četiri pojedinačne radnje: rejekcija ili regurgitacija, ponovno žvakanje (remastikacija), ponovno natapanje slinom (reinsalivacija) i ponovno gutanje (redegluticija). Rejekcija je akt vraćanja hrane iz buraga u usnu šupljinu. Za razliku od povraćanja, u rejekciji ne sudjeluje kontrakcije trbušnih mišića i želudac. Nakon rejekcije slijedi mehaničko usitnjavanje ili remastikacija i ponovno žvakanje. Tijekom remastikacije se iz bolusa najprije istisne tekućina koju životinja odmah proguta. Žvakanje u vrijeme preživanja je mnogo temeljitije od žvakanja koje se vrši prilikom uzimanja hrane. Preživanje prati jaka insalivacija (reinsalivacija). Sekrecija slin dvostruko je veća od one u vrijeme nepreživanja. Slijedi ponovno gutanje bolusa. Trajanje preživanja ovisi o količini i sastavu obroka. Jedan ciklus preživanja u kontinuitetu može trajati do 2 sata. Trajanje se bitno snizi u hranidbi goveda koncentriranim obrokom ili samljevenom, usitnjenom voluminoznom krmom (3 sata/danu ili manje). Svako uznemiravanje životinje koči, odnosno prekida ciklus preživanja. Gladovanje (dan ili više) prekida preživanje. Povišena tjelesna temperatura, stres ili bol kože preživanje. Pseudopreživanje je pojava u kojoj dolazi do rejekcije bolusa ali bez svojstvene remastikacije. Javlja se kod ishrane s obrokom siromašnim na gruboj, vlaknastoj krmu. Probava se nastavlja razlaganjem u predželucima, zatim probavom u sirištu i probavom u crijevima. Posije hidrolize proteina, masti i ugljikohidrata do sastojaka koji su topivi u vodi, obavlja se resorpcija hranljivih tvari. Resorpcija se može obavljati iz svih dijelova želuca preživača, kao i u tankim i debelim crijevima. Osnovna razlika između preživača i nepreživača je u putevima kojima se dolazi do tvari pogodnih za usvajanje, odnosno u toku probave (Liker, 2015.).

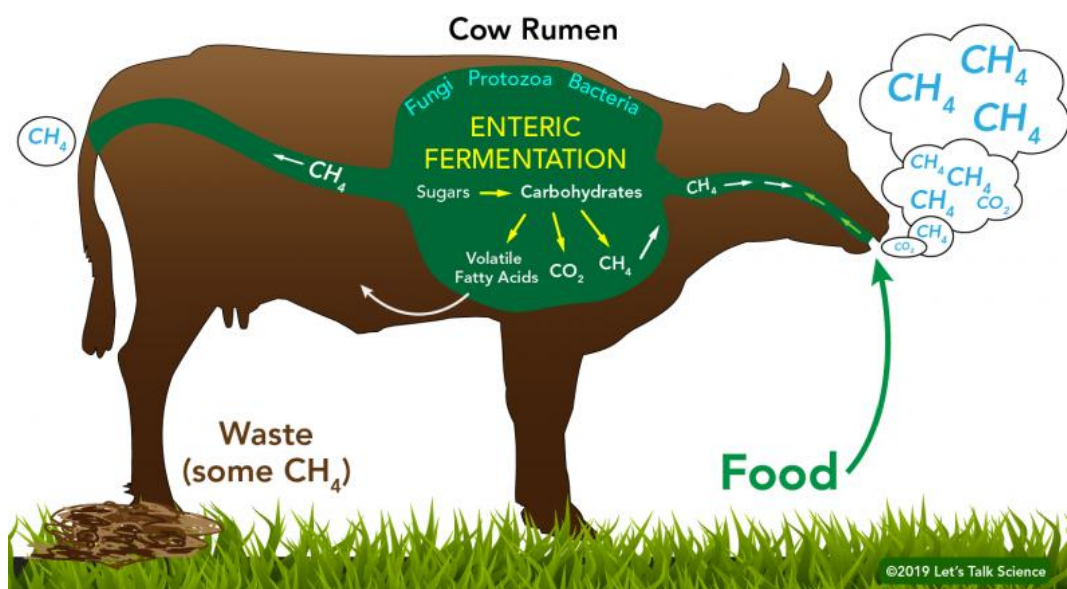
### **3. GIBANJE PREDŽELUDACA**

#### **3.1. A – ciklus i B – ciklus**

Usitnjavanje hrane započeto u usnoj šupljini nastavlja se u predželucima pomoću mikrobnog fermentacije. Pravilno i sinhronizirano pokretanje kapure i buraga pomaže u miješanju tek unešene hrane s prisutnim sadržajem, regurgitaciji sadržaja i eruktaciji plinova, kao i prebacivanju sadržaja buraga u knjižavac. Zadržavanje i miješanje sadržaja važno je za što bolju mikrobnu razgradnju iza koje dolazi do obilne apsorpcije (prijenos tekućine i otopljenih tvari kroz razne organske membrane). Cikličke kontrakcije predželudaca započinju u kapuri svakih 50 – 70 sek. Postoji A – ciklus i B – ciklus. A – ciklus započinje bifaznom, dvostrukom kontrakcijom kapure. Za vrijeme prve kontrakcije veličina kapure se, u odnosu na inicijalnu, smanji na polovicu, a tekući sadržaj se prebaci iz kapure u burag. Nakon djelomične relaksacije odmah uslijedi njezina druga kontrakcija, snažnija od prve, pri čemu šupljina kapure gotovo izčezne. Ovom kontrakcijom sadržaj kapure se prebacuje u knjižavac. Uslijedi opuštanje kapure na koje se nadoveže kontrakcija predvorja, naziva se i katapultni dio, koja dio tekućeg sadržaja vraća natrag u relaksiranu kapuru. Ciklus se dalje nastavlja kontrakcijom stijenke dorzalne buragove vreće od kranijalnog prema kaudalnom području sve do kaudalne dorzalne slijepe vreće. Kontrakcijom kaudalne dorzalne slijepe vreće, plin koji se nalazi u svodu dorzalne vreće, potiskuje se prema kardiji, čime se stvaraju uvjeti za eruktaciju. Nakon relaksacije dorzalne vreće, primarni kontrakcijski ciklus završava kontrakcijama ventralne buragove vreće i potiskivanjem tekućeg sadržaja preko kranijalne gredice u buragovo predvorje. Aktivnost A-ciklusa traje 30-40 sek. B-ciklus (sekundarni kontrakcijski ciklus) se odvija bez sudjelovanja kapure i buragovog predvorja. On se može ali i ne mora pojaviti, a uslijedi nakon primarnog. Počinje kontrakcijom ventralne slijepe vreće, prelazi na dorzalnu vreću i završava kontrakcijom ventralne vreće. Traje oko 30 sek. Ovom se kontrakcijom, osim miješanja sadržaja, plinovi premiještaju prema kardiji, budući da je zbog kontrakcije buragove kranijalne grede spriječeno prelijevanje tekućeg sadržaja u buragovo predvorje. Iza sekundarne buragove kontrakcije uslijedi eruktacija (Liker, 2020.).

### 3.2. Eruktacija

Liker (2015.) opisuje kako je eruktacija ili podrigivanje izbacivanje većih količina plinova iz buraga. Plinovi se u buragu skupljaju u svodu dorzalne buragove vreće, iznad „buragove splavi“. Eruktacija se javlja kao vago – vagalni refleks, svake 1 – 2 minute. Količina jednokratno izbačenog plina kreće se 0,5 – 1,7 L, vezana je uz B-ciklus, rijetko i uz A-ciklus, u kojem se kontrakcijom dorzalne buragove vreće plin potisne u područje kardije. Zbog rasta tlaka odnos učestalosti između primarnog i sekundarnog ciklusa u goveda se ne mijenja. Umjereno istezanje kapure i buraga sadržajem, tekućinom ili plinom podraži receptore osjetljive na rastezanje u kapuri i predvorju i refleksno pojačava frekvenciju i snagu A i B ciklusnih kontrakcija. Kranijalna buragova gredica u goveda onemogućavaju potapanje kardije sadržajem hranjivih tvari, tekućinama i plinovima. Aktiviranjem receptora u tom području uslijedi njezino otvaranje i ulazak plinova u jednjak. Na početku eruktacije faringozofagealni sfinkter je zatvoren, dok je kardija otvorena. Smjesa plinova iz buraga puni relaksirani jednjak, nakon čega uslijedi zatvaranje donjeg ezofagealnog sfinktera i otvaranje faringozofagealnog sfinktera i ulaz plinova u ždrijelo. Usta su za vrijeme eruktacije zatvorena, zbog čega plinovi ulaze u traheju i penetriraju duboko u plućno tkivo (3- 7 puta više eruktiranog plina ulazi u dušnik nego u usta i nos).



Slika 3. Eruktacija

Izvor: <https://letstalkscience.ca/educational-resources/stem-in-context/cows-methane-and-climate-change>

## 4. HRANIDBA GOVEDA

Domaćinović (1999.) potvrdio je da pri sastavljanju obroka u hranidbi goveda postoje orijentacijske preporuke o udjelu pojedinih krmiva. Zelena voluminozna krmiva i silaže preporučuju se od oko 1,5 – 2 kg, suha voluminozna krmiva 0,8 – 2,2 kg, a koncentrirana krmiva i njihove smjese 0,8 – 1,7 kg suhe tvari na 100 kg tjelesne mase životinje. Hrana mora zadovoljiti uzdržne i produktivne potrebe određene kategorije goveda. Da bi smo što točnije procijenili hranjivu vrijednost krmiva te da je ona što ujednačenija moramo znati čimbenike koji ju određuju. To je u prvom redu biološka, odnosno prirođena varijabilnost sadržaja i iskoristivosti hranjivih tvari kako cijele biljke tako i njenih dijelova (generativni-zrno, korijen, gomolj ili pak vegetativni- stabljika + list) koji upotrebljavamo kao stočnu hranu, nadalje tu su čimbenici koji ju mijenjaju kao što su različiti načini proizvodnje, prerade itd.

Sva biljna krmiva koja se proizvode na oranicama i trajnim travnjacima mogu se podijeliti na voluminozna i koncentrirana prema dva kriterija: sadržaju sirovih vlakana i suhe tvari. Ako je sadržaj sirovih vlakana u suhoj tvari krmiva 17% i više, tada se krmivo smatra voluminoznim, a ako je niži od 17% krmivo se smatra koncentriranim. Izuzetak su razne stočne repe koje imaju niži sadržaj sirovih vlakana, a ipak se nazivaju voluminoznim krmivima jer imaju visok sadržaj vode (oko 85%) pa im je zbog toga hranjiva vrijednost zapravo „razrijeđena“ u velikom volumenu. Zbog toga je uveden i drugi kriterij za voluminoznu krmu siromašnu vlaknima, a to je sadržaj suhe tvari manji od 16%. (Gantner i sur., 2020.).

Tablica 2. Primjeri najčešćih voluminoznih i koncentriranih krmiva (Gantner i sur., 2020.)

Voluminozna krmiva	Koncentrirana krmiva
Ispaša na travnjaku	Suho zrno kukuruza
Sijeno lucerne ili livadnih trava	Silaža vlažnog klipa kukuruza
Silaža nadzemne mase kukuruza	Suho zrno zobi ili ječma
Sjenaža lucerne ili djetelinsko travne smjese	Suho zrno stočnog graška
	Pogače ili sačme soje, suncokreta ili uljane repice

#### 4.1. Voluminozna krmiva

Voluminozna krmiva su glavna hrana preživača koja se direktno proizvodi i koristi na gospodarstvu. Prema Domaćinoviću (2006.) karakterizira ih razmjerno mala koncentracija probavljivih tvari, odnosno veliki dio predstavljaju neiskoristive tvari – balast. Razina balasta i hranjivih tvari je određena vrstom, stadijem rasta, otkosom, gnojdbom, načinom košnje i konzerviranjem. Većina voluminoznih krmiva ima visok sadržaj vlakana čiji stupanj lignifikacije određuje probavljivost. U pravilu su probavljivost i energetska vrijednost niži nego u koncentriranih krmiva. Glavni sastojak mladih biljaka punih lišća je protein a starih biljaka su vlakna. Leguminoze imaju manju otpornost na kidanje tijekom žvakanja i preživljanja zbog manjeg sadržaja vlakana te iz tog razloga životinje jedu veću količinu leguminoza, nego trava. Voluminozna krmiva osobito su značajna kod mliječnih kategorija preživača i imaju veliki utjecaj na kvalitetu mlijeka. Mliječne kategorije upravo iz tih krmiva osiguravaju najviše potreba svog organizma. Rjeđe, pri manjem fiziološkom naporu (razdoblje suhostaja, niža proizvodnja), moguće je ukupne hranidbene potrebe podmiriti voluminoznim krmivima. Uobičajeni obroci mliječnih krava, voluminoznim krmivima pokrivaju čak 60-80% ukupnog obroka. Visokokvalitetna voluminozna krmiva čine oko 30-70% suhe tvari ukupnog obroka, ovisno o fazi proizvodnje mlijeka i mesa, sadrže i do 20% sirovih proteina i energije što utječe na smanjivanje skupih proteinskih krmiva i koncentrata u obrocima. Preživačima u tovu sa visoko energetske koncentratima

treba najmanje 3-15% voluminozne krme da bi se povećala proizvodnja i smanjile probavne smetnje. Voluminozna krma stimulira fermentaciju, dobar tonus mišića i rast epitela predželudaca. Potpuno koncentratni obrok preživača izaziva parakeratozu buraga i uginuće životinja. K tome upotreba voluminozne krme pojeftinjuje troškove hranidbe životinje, jer su troškovi spremanja isti kao i kod manje kvalitetnih krmiva (Domaćinović, 1999.).

#### **4.1.1. Zelena voluminozna krmiva**

Zelena voluminozna krmiva su najprirodnija i najkvalitetnija krmiva za proizvodnju mesa i mlijeka. Zelena masa su svježa krmiva koja sadrže klorofil, a maseni udio suhe tvari iznosi 15-25%. Domaćinović (2006.) pojašnjava koje su skupine zelenih voluminoznih krmiva, a to su zelena krmiva s prirodnih travnjaka tj. mješavina samoniklih trava, zeljastog bilja i travolikih biljaka, a druga skupina je zeleno krmno bilje sa oranica, gdje dominantnu ulogu imaju crvena djetelina i lucerka (višegodišnje leguminoze), a potom zeleni kukuruz, stočni kelj, grahorica, zob, stočni grašak i slično. Kvaliteta zelenih voluminoznih krmiva ovisi o sadržaju pojedinih hranjivih tvari, tj. njihovom kemijskom sastavu. U organskoj tvari mladih biljaka ima puno više bjelančevina dok u starih biljaka ima mnogo više sirove vlaknine što im smanjuje probavljivost i energetske, odnosno hranjive vrijednosti. Zelena krmiva služe kao osnovna hrana biljojeda ljeti, a za zimu se konzerviraju sušenjem, siliranjem ili dehidracijom. Biljojedi dnevno pojedu oko 2 kg suhe tvari zelene krme / 100kg tjelesne težine (Kalivada, 1990.).

Od zelenog krmnog bilja najčešće se siju:

1. Zelene žitarice – kukuruz za silažu ili za hranidbu u zelenom stadiju razvoja
2. Leguminoze – lucerna, crvena i bijela djetelina, grahorica, šedska djetelina i inkarnatka
3. Djetelinsko – travne smjese – kombinacija dobrih trava i leguminoza

Paša je kvalitetan i najjeftiniji izvor hranjivih tvari u proizvodnji mlijeka tijekom ljetnih mjeseci. Životinje mogu biti na paši od sredine travnja do sredine listopada. Prijelaz sa zimske hranidbe na ispašu vrši se dnevnim dodavanjem 1 – 2 kg sjena. Moguće ju je organizirati na prirodnim i umjetnim pašnjacima, a predstavlja zeleno voluminozno krmivo



kao mješavinu samoniklih trava i leguminoza, zeljastog bilja i travolikih biljaka. Pašnjaci se najbolje iskorištavaju uz primjenu pregosnog napasivanja pa ih iz tog razloga dijelimo na pregone ograđene električnom ogradom. Dok se jedan pregon koristi drugi se obnavlja. Redovito napasivanje pogoduje porastu leguminoza a košnja porastu trava. Hranjiva vrijednost zelene mase određena je botaničkim odlikama, stadiju razvoja vegetacije u trenutku korištenja, a zatim o osobinama tla, zagnojavanju, klimatskim uvjetima, te načinu iskorištavanja. Biljka starenjem mijenja svoj kemijski sastav i hranjivu vrijednost. Starenjem biljke smanjuje se količina vrijednih hranjivih tvari, bjelančevina, lako probavljivih ugljikohidrata (šećeri) i vitamina, kao i vode. Istovremeno raste količina sirove vlaknine (celuloze) i stupanj njene lignificiranosti, odrvljenosti. Iz tih razloga vrijeme eksploatacije pašnjaka treba prilagoditi stupnju vegetacije. Tlo utječe na sadržaj minerala i mikroelemenata u travama. Gnojenjem se povećava prirod pašnjaka i utječe na botanički sastav biljaka. Gnojidba dušikom i kalijem poboljšava razvoj trava a gnojidba fosforom leguminoza (Gantner i sur., 2020.). Najbolja paša sastoji se od 70% trava i 30% leguminoza, kada su biljke na visini 12 do 15 cm (Uremović, 2004.). Optimalni sastav zelene mase pašnjaka: 60 – 70% trave, 20 – 30% leguminoze i < 10% jestive korovne biljke (Šperanda i sur., 2019.).

Ozime žitarice i mahunarke daju visoke urode kvalitetne mase. Još bolji rezultati postižu se smjesama mahunarki i žitarica u odnosu na čiste kulture, jer daju veće urode mase i hranjiva po jedinici površine, lako se kose, malo poliježu, duže se mogu koristiti u proljeće i na više načina. Kukuruz u zelenom stanju te za silažu najbolje je koristiti kada je u fazi metličanja. Koristi se i kao svježa krma i to ispašom. Kukuruz je bogat ugljikohidratima, posebice klipovi, te tako čini energetske dio stočnog obroka i izvrsno se nadopunjava s bjelančevinama iz mahunarki.

#### ***4.1.2. Konzervirana voluminozna krmiva***

Kada se zelena voluminozna hrana koristiti u zimskom periodu hranidbe, tu hranu je potrebno konzervirati kako bi se sačuvala njezina hranjiva i higijenska vrijednost kroz dulje vrijeme. Veliki postotak vode i obilje organske tvari u zelenim voluminoznim krmivima, glavni su razlog zbog kojeg dolazi do lakog kvarenja. Enzimi zelene biljke i mikroorganizmi su ti koji potiču procese vrenja i razlaganja hranjivih tvari u stanici. Kako bi se spriječio proces kvarenja, hranu je potrebno konzervirati sušenjem ili siliranjem (Domaćinović, 2006.).

Sušenje je prvi način konzerviranja zelene voluminozne krme, a svrha mu je smanjenje količine vode do standardne vlažnosti koje iznosi 12–15%, sušenje može biti prirodno i umjetno. Drugi način je siliranje, gdje se sinkroniziranom aktivnošću enzima krmiva i aerobno-anaerobnim mikroorganizama postiže kemijska promjena materijala, koja baktericidnim djelovanjem izravno utječe na stabilnost konzervirane krme. Siliranje može biti spontanim vrenjem ili uz dodatak koji sterilizira zelenu masu. Proizvodnja sijena je najstariji način konzerviranja biljne mase. Temelji se na povećanju sadržaja suhe tvari biljne mase s početnih 20-25% neposredno nakon košnje na oko 87% prije skladištenja čime su spriječeni daljnji enzimatski i mikrobiološki gubici hranjiva. Po završetku sušenja dobivaju se suha voluminozna krmiva, koja karakterizira mala količina hranjivih tvari i značajan udio balasta u vidu neprobavljenih organskih tvari. Obzirom na vrstu biljnog materijala, u hranidbi životinja najviše se priprema sijeno livadnih trava, sijeno višegodišnjih leguminoza i sijeno DTS-a (Domaćinović, 2006.). Hranjivost sijena ovisi o hranjivoj vrijednosti biljne mase u trenutku košnje (faza fenološke zrelosti usjeva), te o gubicima hranjiva koji nastaju tijekom proizvodnje sijena (tehnološki zahvati, vremenske prilike), skladištenja (način skladištenja, duljina skladištenja) i hranidbe (razina hranidbe, vrste hranilica, vrste sijena). Suha voluminozna hrana (sijeno graminea i leguminoza) predstavlja osnovnu hranu za preživače u zimskim mjesecima, te ga životinje mogu konzumirati do 2 kg/100 kg tjelesne mase. Na manjim seoskim imanjima sijeno leguminoza je još uvijek često i jedini izvor bjelančevina u obroku. Kvalitetno livadno sijeno je vrlo dobro dijetetsko krmivo s pozitivnim učinkom na proces probave, i vrlo je pogodno za hranjenje teladi, krava nakon telenja. Sijeno je preživačima neophodno i kao stalan izvor minimalne količine sirove vlaknine. Tijekom preživanja stvara se veća količina octene kiseline, koja ima stimulativan učinak na kvalitetu mlijeka tj. povećava masnoću mlijeka. Pri izrazito vodenastom obroku, sijeno povoljno djeluje na peristaltiku crijeva, i probavnog sustava općenito. U hranjivoj vrijednosti obroka sijeno sudjeluje u suhostaju oko 40%, u ranoj laktaciji oko 15%, u cijeloj laktaciji oko 20%, u tovu junadi 15 do 30% (Uremović, 2004.).

Domaćinović (2006.) objašnjava kako se siliranjem zadržava izvorni prirodni oblik i hranjiva vrijednost biljne mase. Pojam „siliranje“ označava skladištenje zelene krme u anaerobnim uvjetima, pogodnim za razvoj i aktivnost mikroorganizama koji fermentiraju biljne ugljikohidrate u organske kiseline čime povećavaju kiselost biljne mase koja se tako konzervira u obliku silaže. U siliranom materijalu se provocira razmnožavanje bakterija

mliječno – kiselog vrenja, koje zatim stvaraju mliječnu kiselinu koja je konzervans. Gotovo se svi usjevi mogu silirati, a najčešće se siliraju trave, mahunarke, djetelinsko-travne smjese i cijele biljke žitarica, osobito cijela biljka kukuruza. Usjevi koji su pogodni za siliranje sadrže puno šećera, a malo proteina, pa je po pogodnosti za siliranje na prvom mjestu cijela biljka kukuruza, zatim trave, mahunarke, a gomoljače i kupusnjače su najmanje pogodne za siliranje.

Neki eko – stočari odbijaju kravama davati silažu jer prema njihovom shvaćanju, silaža nije prikladna hrana za ishranu preživača, iz razloga što predstavlja prerađevinu koja je već napola fermentirala i na kojoj stoga rumen nem što „raditi“ (Znaor, 1996.).

Kukuruzna silaža čitave biljke osnovni je voluminozni obrok za muzne krave, junice i tovnu junad. Od kukuruzne silaže traži se da bude visoke hranjive vrijednosti i odlične kvalitete. Za ispunjavanje tih zahtjeva, presudni su: sadržaj suhe tvari u čitavoj biljci, sadržaj klipova u silažnoj masi te sama tehnika spremanja i način čuvanja silaže. Kukuruzna biljka sprema se za siliranje kad je zrno na klipu u početnoj voštanoj zriobi, a to odgovara sadržaju suhe tvari biljke od 30 – 35%, odnosno kad se u 50% klica na zrnu pojavi crni sloj. Poželjna kvaliteta silaže kukuruzne biljke ogleda se u povoljanom stupanju kiselosti (pH 3,8 – 4,2), žuto – zelenoj boji, usitnjenosti strukturi, mirisu koji podsjeća na alkoholno voćno vrenje te visokoj hranidbenosti (preko 0,30 HJ i 1,4% probavljivih sirovih proteina). Silaža nadzemne mase kukuruza u hranidbi mliječnih krava i tovnih junadi pokazala se kao dobra zamjena travne silaže jer povećava konzumaciju krmiva, mliječnost i dnevni prirast tjelesne mase. Za to povoljniji rezultati hranidbe silažom kukuruza umjesto travnom silažom vjerovatno su posljedica nižeg sadržaja NDF-vlakana te većeg sadržaja škroba i suhe tvari u silaži kukuruza u odnosu na travnu silažu. Razlika u sadržaju bjelančevina među voluminoznim krmivima bila je kompenzirana dodatkom koncentrata (sojina sačma, sačma uljane repice, lomljena pšenica i vitamini i minerali) (Gantner i sur., 2020.).

Sjenaža je specifična vrsta silaže koja se dobiva siliranjem svježe zelenih provenutih trava, DTS-a ili leguminoza, pri vlažnosti od 40-60%. Ovo je relativno noviji način konzerviranja voluminozne krme u nas. Iako je po obliku slična dijelom sijenu, a dijelom sjenaži, po čemu se još naziva i silirano sijeno, u hranjivoj vrijednosti sjenaža nadilazi oba načina konzerviranja. Iznimno mali gubici (5%) tijekom konzerviranja zadržavaju u sjenaži gotovo izvornu hranjivu vrijednost zelenog krmiva, a zbog pravilnijeg odnosa vode i suhe

tvari ima bolju ješnost od sijena i silaže (Domaćinović, 2006.). Potvrđena je i bolja probavljivost sirovih bjelančevina za 40%, te za 45% bolja probavljivost ST sjenaže u odnosu na sijeno livadnih trava, pa vrlo lako može zamijeniti sijeno u hranidbi preživača. Domaćinović (2006.) potvrdio je da kvalitetna sjenaža ima žućkasto do smeđe – zelenu boju, ugodan kiselkasti miris i stabilnu nepromijenjenu teksturu materijala. Domaćinović je također (2015.) naveo kao prednost sjenaže i silaže u odnosu na sijeno, manji utjecaj nepovoljnih vremenskih prilika na spremanje te konzervirane krme, budući da je izloženost vremenskim uvjetima znatno kraća, nego pri sušenju sijena. Uremović (2004.) je potvrdio kako se krave mogu hraniti sjenažom do 35 kg dnevno, a ako je u obroku 10 do 15 kg kukuruzne silaže, količina sjenaže može iznositi do 20 kg. Sjenaža se silira u bale od 450 do 600 kg.

#### **4.2. Koncentrirana – krepka krmiva**

Koncentrirana ili krepka krmiva prema hranidbenoj vrijednosti se smatraju najznačajnijom skupinom krmiva, a čine ju zrnavlje, odnosno sjemenje žitarica, leguminoza, uljarica te krmne masti i koncentrirane krmne smjese. Krepka krmiva karakterizira značajan udio suhe tvari (85 – 90%) visokog stupnja probavljivosti i minimalna količina balasta (vode, sirove vlaknine). Značajan udio suhe tvari omogućava skladištenje koncentriranih krmiva bez primjene postupaka konzerviranja. Koncentrirana krmiva sadrže znatne količine iskoristive energije (probavljive, metaboličke i neto energije). Prema zastupljenosti određene hranjive tvari razlikuju se krepka ugljikohidratna krmiva (žitarice), krepka bjelančevinasta krmiva koja se dijele na biljna (leguminze, nusproizvodi prerde uljarica) i životinjska (mesno brašno, riblje brašno, mlijeko i nusproizvodi itd.) i krmne masti. Koncentrirana krmiva odlikuju se niskim sadržajem celuloze i visokim udjelom lako probavljivih hranjivih tvari, što ih čini pogodnim u hranidbi svih vrsta i kategorija životinja. Vrijednost žitarica mjeri se udjelom ugljikohidratne komponente u vidu škroba i do 70%. Leguminoze i neki nusproizvodi prehrambenih industrija nosioci su bjelančevina od 200 – 500 g/kg. Dok se zrnavlje uljarica odlikuje visokim udjelom masti u vidu biljnih ulja. Visok stupanj probavljivosti hranjivih tvari čini ih lako kvarljivim, a izravno ovisi o sadržaju vode, koja ne smije biti veća od 14%. Koncentrati kao visoko vrijedna krmiva, sastavni su dio obroka svih životinja, s tim da su kod svinja i peradi osnovna hrana, a kod

preživača i konja dopunska (Domaćinović, 2006.). Zbog male količine vlaknine ova krmiva imaju visok stupanj probavljivosti organske tvari, a time i visoku energetske vrijednost. Najveću količinu neto energije daje zrno kukuruza, zatim sirka, pšenice, ječma, raži, a najmanje zobi. Bjelančevinasta vrijednost žitarica relativno je mala, a tako je i nepovoljan omjer esencijalnih aminokiselina.

Male su razlike u kemijskom sastavu između pojedinih žitarica, no jare žitarice sadrže više bjelančevina. Posebno mjesto među žitaricama pripada zobi, koja je zbog većeg sadržaja tzv. sirove vlaknine nešto slabije probavljiva. Žitarice su krmiva siromašna mineralima. One sadrže vrlo malo kalcija, i veliku količinu fosfora. Zrnje žitarica bogato je vitaminima B – kompleksa i vitaminom E, koji se nalazi u klici, a siromašno je vitaminima C i D. S porastom proizvodnje pšenica se sve više upotrebljava u hranidbi stoke, jer se postižu dobri rezultati u tovu. No velika količina pšenice u obroku životinje čine tromima, dok ih raž čini živahnima. Zbog zasićenih masnih kiselina ječam se ne preporučuje u tovu goveda jer loj bude prečvrst. Zbog povoljnog dijetetskog djelovanja i zbog visokog sadržaja djelotvornih tvari zob se preporučuje za othranu rasplodnog podmlatka i odraslih rasplodnih grla. Ako je u obroku do 10 % zobi, povećava se vigor životinja. Žitarice sadrže malo minerala (1 – 3%), izrazito su siromašne kalcijem, oskudjevaju većim brojem mikroelemenata, natrijem, a relativno su dobri izvori fosfora, ali nažalost, pretežito fitinskog karaktera (Kalivada, 1990.).

Kukuruz je najzastupljenije krmivo u hranidbi domaćih životinja i standard s čijom se energetske vrijednošću uspoređuju ostale žitarice. Postoji nekoliko podvrsta kukuruza, no u hranidbi domaćih životinja ističu se tvrdunac i zuban, kojima pripada i najveći broj kultivara i hibrida. Od drugih žitarica kukuruz se razlikuje u povećanoj energetske vrijednosti. Razlog tome je visok sadržaj škroba (do 75 %) i ulja (do 5 %) te niski sadržaj vlakana. Zbog visokog udjela ulja i fizikalnih svojstava zrna, kukuruz je domaćim životinjama vrlo ukusno krmivo. Kukuruzno ulje ima visoki sadržaj esencijalne linolne kiseline (58 %) koja u većoj količini djeluje nepovoljno na tjelesnu mast. Zrno kukuruza sadrži najmanje bjelančevina (8 – 9 %) od svih žitarica uzgajanih u Hrvatskoj. Uz nizak sadržaj bjelančevina, nepovoljan je i aminokiselinski sastav - deficit lizina, triptofana i metionina. Iako se obrokom u kojemu je kukuruz dominantno krmivo podmiruje dobar dio (20 – 47 %) potreba domaćih životinja za bjelančevinama, neophodno ga je nadopuniti kvalitetnim bjelančevinastim krmivima. Zrno kukuruza može biti suho i vlažno. Vlažno zrno (20 - 30 % vlage) se obično usitni i silira (samo zrno ili zrno sa klipom) ili neusitnjeno

konzervira propionskom kiselinom. Suho zrno se rjeđe koristi cijelo, a znatno češće prekrupljeno (0.7 - 0.9 mm). Kukuruz se prije svega koristi kao izvor energije. Osobitu ulogu ima u hranidbi tovnih i visokoproduktivnih životinja gdje je zastupljen i do 70 % u kompletnoj krmnoj smjesi. Budući da je deficitaran bjelančevinama, te većinom vitamina i minerala, neophodno ga je kombinirati sa drugim krmivima (uljane pogače i sačme, animalna krmiva, leguminoze, ureja) i vitaminsko mineralnim dodacima. Karotenoidi u kukuruzu utječu na poželjnu žutu boju mliječne masti i maslaca. Međutim zbog visokog udjela nezasićenih masnih kiselina, veća količina kukuruza u obroku djeluje nepovoljno na tvrdoću životinjske masti. Kukuruzni škrob se slabije i sporije fermentira u buragu preživača (50 %) u odnosu na pšenicu (93 %) i ječam (89 %). Pri visokoj razini hranidbe mliječnih krava kukuruzom, dosta škroba dođe u tanko crijevo gdje se hidrolizira do glukoze koja se apsorbira i služi kravama za sintezu mliječnog šećera (laktoze) čija je nedovoljna sinteza uzrok ketoza u visokomliječnih krava u ranoj laktaciji. Obilna i jednostrana hranidba kukuruzom uzrokuje loše proizvodne rezultate (slab rast, niska mliječnost, zdravstveni poremećaji: rahitis, avitaminoze, reproduktivni poremećaji, sklonost uvjetnim bolestima i sl.), a u odraslih životinja prekomjerno taloženje masti, što je osobito nepoželjno u rasplodnih životinja (Kalivoda, 1990.).

#### **4.3. Precizna hranidba**

Suvremene pasmine goveda (mliječnih i tovnih tipova) sa sofisticiranim genetskim materijalom trebaju stručni pristup u držanju, a osobito u hranidbi kako bi se osiguralo optimalno iskorištenje genetskog potencijala po razdobljima biološkog i proizvodnog ciklusa. Pri tome centralno mjesto ima tzv. precizna hranidba koja omogućava optimalnu produkciju, uz redukciju štetnih tvari u okoliš i minimiziranje zdravstvenih poremećaja. Stoga je optimizacija strukture obroka, praćena prethodnom adekvatnom agrotehnikom, momentom i načinom iskorištavanja te procesuiranjem krmiva s ciljem podizanja stupnja njihove probavljivosti, vrlo bitan segment hranidbe goveda. Upravo je ovo polje na kojem ima mjesta za učinkovitiju i okolišno prihvatljiviju proizvodnju mlijeka i mesa goveda. Hranidba životinja prema potrebama umanjuje negativne okolišne aspekte kroz reduciranje emisije plinova koji imaju staklenički efekt i doprinosi boljem iskorištenju dušičnih tvari i fosfora obroka, koji također predstavljaju štetne tvari za okoliš (Domaćinović i sur. 2015.).

Gantner i sur. (2020.) dokazali su kako očekivana konzumacija suhe tvari kod goveda raste s povećanjem tjelesne mase i s povećanjem proizvodnosti, bilo da je riječ o lučenju mlijeka kod mliječnih krava ili o dnevnom prirastu tjelesne mase kod tovne junadi. Vođeni željom za maksimalizacijom proizvodnosti grla, farmeri pokušavaju maksimalizirati konzumaciju hranjivih tvari. Ipak, maksimalna dnevna konzumacija ST ograničena je kapacitetom buraga i kvalitetom krmiva. Beth Wheeler (1996.) dala je tablični prikaz maksimalno moguće konzumacije ST kod mliječnih krava, u postotku od tjelesne mase (%) i u apsolutnom iznosu (kg), ovisno o tjelesnoj masi krave i razini mliječnosti, i to za razdoblje od sredine do kraja laktacije. Takva potencijalna konzumacija očekuje se kod hranidbe TMR-om sastavljenim od visokokvalitetnih voluminoznih krmiva i s visokim udjelom koncentriranih krmiva.

Tablica 3. Maksimalno moguća dnevna konzumacija suhe tvari krme kod krava od sredine do kraja laktacije (Wheeler, 1996.)

Dnevno lučenje mlijeka (kg/dan/kravi)	Tjelesna masa krave					
	450		550		650	
	Dnevna konzumacija suhe tvari krme					
	%	kg	%	kg	%	Kg
10	2,6	11,7	2,3	12,7	2,1	13,7
20	3,4	15,3	3,0	16,5	2,8	18,2
30	4,2	18,9	3,7	20,4	3,4	22,1
40	5,0	22,5	4,3	23,7	3,8	24,7
50	5,6	25,2	5,0	27,5	4,4	28,6

Tako krava tjelesne mase od oko 650 kg, koja luči oko 40 litara mlijeka na dan (visoka mliječnost), može konzumirati maksimalno 25 kg ST krmiva, ili oko 3,8 % u odnosu na svoju tjelesnu masu. U praksi je konzumacija ST obično niža, zbog lošije kvalitete voluminoznih krmiva, manjeg udjela koncentriranih krmiva, pa čak i zbog neodgovarajuće vlage obroka.

## 5. UGLJIKOHIDRATI U PROIZVODNJI METANA (CH<sub>4</sub>)

### 5.1. Ugljikohidrati kao izvor energije

Domaćinović i sur. (2015.) objašnjavaju da su ugljikohidrati glavni izvor energije u hranidbi preživača, a dijele se u dvije frakcije:

1. vlaknastu – strukturna frakcija koja označava dio stijenke biljne stanice, a analitički se označava kao neutralno deterdžentna vlakna (NDV). Sastoji se od celuloze, hemiceluloze, lignina i nešto pektina. Glavna su nutritivna odrednica konzumacije suhe tvari iz voluminoznih krmiva. Druga frakcija su kiselo deterdžentna vlakna (KDV), a to su celuloza + lignin, koja određuju nutritivnu vrijednost krmiva.
2. nevlaknastu – nestrukturna frakcija koja označava ugljikohidrate staničnog sadržaja. Analitički se označavaju kao nestrukturni ugljikohidrati (NSUH) i to su uglavnom šećeri, škrob, pektin,  $\beta$ -glukani, a u fermentirajućim krmivima (npr. silaža) hlapljive masne kiseline (HMK). Znanstveno su probavljiviji u probavnom sustavu nego strukturni ugljikohidrati.

Količina vlaknastih i nevlaknastih ugljikohidrata u obroku ima velik značaj za produktivnost i zdravlje životinje te su glavna odrednica energetske vrijednosti voluminoznih krmiva. Budući da škrob vrlo brzo fermentira u buragu, veća količina škroba u hrani dovodi do opadanja probave vlaknine, do smanjenja sinteze octene kiseline pa tako i do opadanja sadržaja masti u mlijeku. Nemogućnost uspješne resorpcije većih količina nastalih HMK može dovesti do neželjenih promjena na tkivu buraga. Dakle količina škroba mora biti takva da, s jedne strane, osigura dovoljnu količinu ruminalnih mikroorganizama, a s druge strane, da ne inhibira probavu vlaknastih ugljikohidrata hrane. Vlaknasti ugljikohidrati održavaju optimalnu sredinu u buragu, ali njihova velika koncentracija limitira konzumaciju suhe tvari hrane. Vrlo se bitnim čini podrijetlo i veličina čestica hrane nositelja vlakana, pa su zbog toga sijeno i silaža gotovo nezamjenjiva krmiva u hranidbi goveda (Domaćinović, 2015.).

Dakle, u praktičnom razmatranju hranidbe goveda količina i podrijetlo (krmivo i veličina čestica) vlaknastih ugljikohidrata u obroku uvjetuje i maksimalnu količinu nevlaknaste frakcije ugljikohidrata (Domaćinović i sur., 2015.).



## 5.2. Uloga ugljikohidrata u proizvodnji metana

Razgradnja lakoprobavljivih ugljikohidrata i vlaknastih ugljikohidrata u preživača se odvija već u buragu, i to najvećim dijelom. Samo 10 – 20 % od ukupno primljenih ugljikohidrata preživači razgrađuju u želucu i crijevima. Uz pomoć enzima mikroorganizama složeni ugljikohidri se razgrađuju prvo do monosaharida, a potom do hlapljivih masnih kiselina (Domaćinović, 2006.). Razgradnjom celuloze u buragu nastaje i znatna količina plinova (najviše CH<sub>4</sub>, zatim CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, CO), koje životinje eruktacijom izbacuju van iz organizma. Stvorenim metanom se gubi znatan dio energije hrane, a uz to se i zagađuje okolina pa se novijim rješenjima hranidbe preživača pokušava kontrolirati ovaj problem, udjelom nezasićenih masnih kiselina u obrocima, kao i dodavanjem raznih aditiva (soli bakra).

Obrok preživača sadrži značajne količine celuloze, hemiceluloze, škroba i topivih ugljikohidrata. Svi ugljikohidri, osim lignina, se razgrađuju do jednostavnijih oblika koji se koriste kao izvor energije za potrebe životinje i mikroorganizama. Razgradnja ugljikohidrata se odvija u nekoliko etapa do hlapljivih masnih kiselina. Stupanj razgradnje ugljikohidrata ovisi o stupnju lignifikacije biljnog materijala. Biljke starenjem povećavaju količinu lignina u staničnim stijenkama, pa je posljedično tome stupanj razgradnje takvog biljnog materijala manji. U hranidbi životinja uobičajeno je koristiti termin „vlakna“ za označavanje najmanje probavljive frakcije hrane. Preživač nema sposobnost probavljanja netaknutih staničnih stijenki, nego te stanične stijenke zajedno sa polisaharidima koje sadrže služe kao supstrat za rast mikroorganizama u buragu (Domaćinović i sur., 2015.).

Strukturni ugljikohidri (celuloza i hemiceluloza) su polisaharidi koji zajedno sa ligninom daju čvrstoću i oblik biljci. Celuloza je najvažniji strukturni polisaharid biljne stanične stijenke, gdje se formira u čvrsto vlaknasti molekularni spoj. Otežavajuća okolnost celuloze je njena netopivost u vodi, razrjeđenim kiselinama i lužinama, a k tome je u probavnom sustavu životinja ne razgrađuje niti jedan enzim. Međutim, u iskorištavanju celuloze najviše se ističu preživači, jer se u predželucima, osobito buragu, odvija vrlo živahna mikrobiološka aktivnost pod djelovanjem enzima iz mikroba koji celulozu razgrađuju do celobioze. No ukoliko se lignin spoji s celulozom, tada je razgradnja bitno otežana, ili potpuno onemogućena (Domaćinović, 2006.). Mikroorganizmi u buragu stvaraju enzime koji mogu razgraditi celulozu i tako osloboditi energiju koja se u njoj nalazi. Lignin, također,

čini dio stanice zida biljaka, ali je on praktično potpuno neprobavljiv. Zrenjem biljke, njeno stablo postaje sve grublje uslijed povećanja udjela lignina u staničnim zidovima. Molekule lignina se vežu s ugljikohidratima, uslijed čega celuloza i hemiceluloza postaju manje probavljive. Oko 30-50% celuloze i hemiceluloze se razgrađuje u buragu. Kada krmivo dođe u burag, mikroorganizmi se pričvršćuju za njegovu površinu i izlučuju enzime uz pomoć kojih razgrađuju ove polisaharide. Također, čestice krmiva se progresivno usitnjavaju u procesu preživljanja. Vremenom čestice postaju sve sitnije i u njima ima sve manje ugljikohidrata, dok neprobavljivi lignin ostaje. Kada postanu dovoljno male, one napuštaju burag.

Krava osigurava oko 70% energije iz HMK (hlapljivih masnih kiselina) koje se stvaraju u buragu. HMK osiguravaju energiju za uzdržne i produktivne potrebe organizma. Pored toga one osiguravaju energiju za sintezu proteina mlijeka a prekursori su i za sintezu mliječnog šećera i masti (Uremović, 2006.).

Pomoću enzima mikroorganizama ugljikohidrati se razgrade do monosaharida, no proces se nastavlja dalje, do hlapivih masnih kiselina, octene, propionske i maslačne. Također se u buragu pojavljuje CO<sub>2</sub> i CH<sub>4</sub>. Kako metan sadrži energiju životinjama služi kao izvor energije, odnosno topline. Usporedo s razgradnjom sintetiziraju se i ugljikohidrati mikroorganizama koji se u kaudalnom dijelu probavnog trakta iskorištavaju kao izvor energije. Količine i vrste pojedinih masnih kiselina ovise o više čimbenika, a najviše o hrani, odnosu, sastavu i količini obroka. Razgradnjom škroba i jednostavnih šećera stvara se više propionske kiseline, koja sudjeluje u tvorbi mesa, dok se razgradnjom celuloze stvara više octene kiseline, koja sudjeluje u tvorbi mliječne masti. Od ukupne količine vlakana 70% razgrađuje se u predželucima, a 30% u slijepom crijevu. Uz odgovarajuću hranidbu i povoljne uvjete, dnevno se sintetizira 1500 – 2000 g octene kiseline, 800 – 1000 g propionske kiseline, 400 – 600 g maslačne kiseline. Hranidbom krava voluminoznom krmo postiže se povoljan odnos octene i propionske kiseline koji iznosi 2,5-3 : 1 (Uremović, 2006.).

Tablica 4. Sadržaj ukupnih kiselina u buragu ovisno o vrsti obroka (Kirchgeßner i sur., 2008.)

Krmivo	Molarni udio %		
	Octena	Propionska	Maslačna
<b>Sijeno livadno</b>	70	18	10
<b>Lucerna, Paša</b>	63	18	17
<b>Talijanski ljulj mlađi</b>	53	23	19
<b>Talijanski ljulj stariji</b>	61	21	14
<b>Žitarice</b>	47	23	30
<b>Šećerna repa</b>	52	26	21

### 5.3. Bakterije buraga

Uremović (2004.) objašnjava kako bakterije čine oko 59% mikroba buraga, protozoe oko 33%, a gljivice oko 8%. Za razgradnju celuloze glavnu ulogu imaju mikroorganizmi u buragu koji proizvode celulazu za preživaače. Celulaza razgrađuje beta 1-4 glikozidnu vezu u celulozi i hemicelulozi. Razgradnja hrane pomoću mikroorganizama bez prisustva kisika naziva se fermentacija, a kao rezultat nastaju razni krajnji proizvodi koji se resorbiraju iz probavnog sustava preživaača te ih oni koriste, poput hlapljivih masnih kiselina.

Amilolitičke bakterije – metaboliziraju škrob i topive ugljikohidrate u hranidbi. Razmnožavaju se vrlo brzo nakon obroka bogatog škrobom, a proizvedene kiseline uzrokuju smanjenje pH. Kada se životinje hrane s velikim količinama zrnate hrane, koncentracija  $H^+$  u sadržaju buraga može se povećati i 10-50 puta više od koncentracije prije hranjenja. Pad pH smanjuje količinu celulolitičkih bakterija, uzrokujući smanjivanje fermentacije celuloze.

Celulolitičke bakterije – Polako razgrađuju ugljikohidrate koji su dio staničnih stjenki biljaka, kao što su celuloza, hemiceluloza, fruktozani i pektin. Bakterije se vežu na

površinu biljnih vlakana, a velike molekule ugljikohidrata razgrađuju se na manje fragmente različitim tipovima membranski vezanih enzima. Naknadnom razgradnjom oslobađaju se monosaharidi. Najveći dio monosaharida kasnije se probavlja do HMK.

Razgradnja celuloze i hemiceluloze osjetljiva je na promjene pH. Kada pH vrijednost u buragu padne ispod 6, razgradnja se jako smanjuje. U ishrani koncentriranim krmivima snizi se udio octene kiseline. Veće količine škroba izazivaju porast udijela propionske kiseline, a hrana bogata bjelančevinama povećava količinu maslačne kiseline. Fizički oblik hrane također utječe na količinu nastalih masnih kiselina. Usitnjena forma krme povećava udio propionske kiseline, obzirom da se usitnjavanjem drobi stijenka biljne stanice, te se trenutno povećava dostupnost škroba. Grublja hrana znači više celuloze, čijom razgradnjom raste udio octene kiseline. Glukoza služi mikroorganizmima kao glavni izvor energije za njihove životne potrebe. Višak glukoze mikroorganizmi pohranjuju u svom tijelu u obliku vlastitih polisaharida. To je njihova energetska rezerva, koja u slučaju potrebe može biti razgrađena do glukoze, a glukoza dalje iskorištena u metaboličkim procesima (Liker, 2015.).

## 6. METAN

Metan pripada skupini ugljikovodika, kao što samo ime kaže, čine ih dva elementa: ugljik i vodik. Prema podjeli ugljikovodika, metan pripada alkanima. Alkani su općenitko zasićeni ugljikovodici što znači da je svaki atom ugljika vezan s četiri druga atoma.

Prirodni plin uglavnom se sastoji od metana, čija je gustoća oko 0,65 g/L. Stoga je prirodni plin lakši od zraka (gustoća zraka je oko 1,29 g/L). Prirodnim plinom široko se koristi u industriji i domaćinstvu kao energentom. Ako prirodni plin nekontrolirano istječe u nekoj prostoriji, on se kao lakši od zraka, lako provjetranjem ukloni iz prostorije. Metan je plin, fiziološki potpuno inertan. Bez ikakvih smetnji može se udisati smjesa 80 % metana i 20 % kisika: rizik je jedino što je ta smjesa vrlo zapaljiva. Gušenje metanom nastaje samo onda kada nema prisutnog kisika: dakle, uzrok gušenju nije metan, već odsutnost kisika (Amić, 2008.).

### 6.1. Reakcije alkana

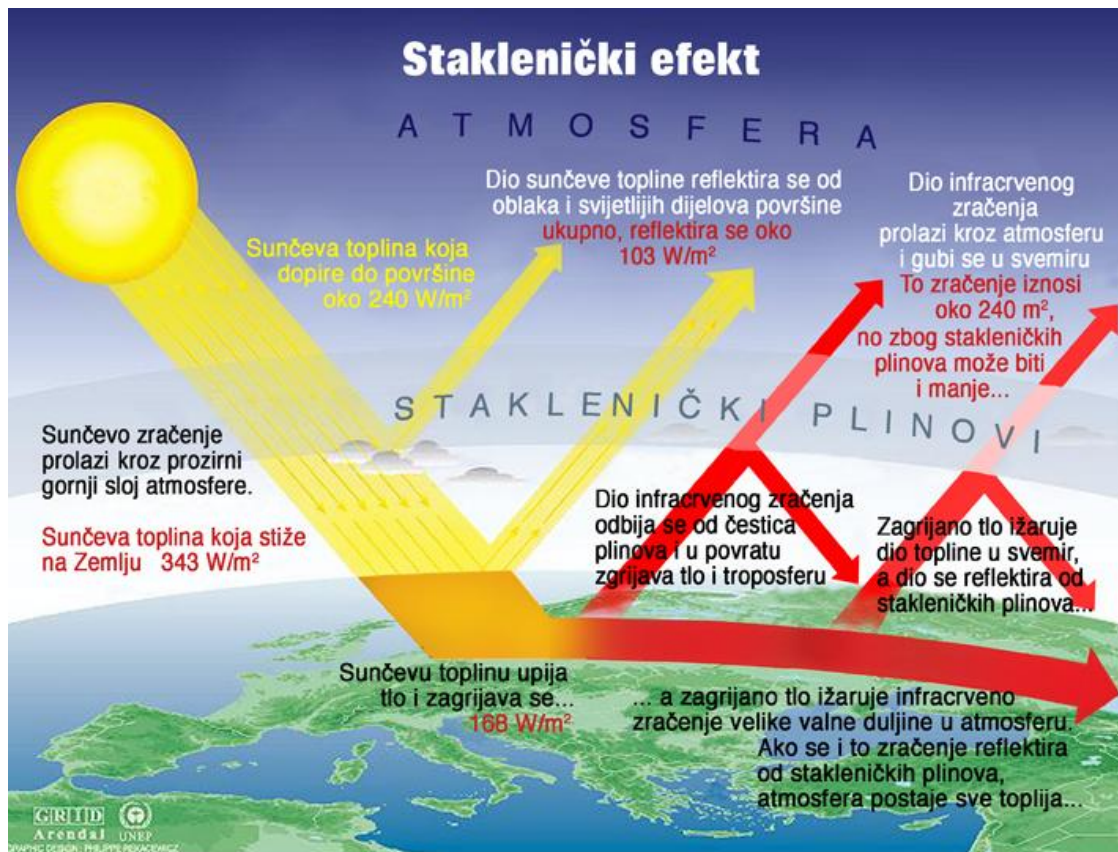
Alkani su najmanje reaktivni organski spojevi. Općenito ne reagiraju s jakim kiselinama niti jakim bazama. Amić (2008.) potvrdio je da su, zbog toga što podliježu samo ograničenom broju reakcija, nazvani i parafini. Slabu reaktivnost postižu zato što ne posjeduju reaktivne funkcijske skupine, već samo H – atome. Spaljivanjem metana razvija se visoka temperatura te se atmosferski dušik dijelom prevodi u dušikove okside. Nafta obično sadržava nešto spojeva sumpora tako da nastaje sumporov dioksid. Zbog toga kemijske reakcije koje griju naše kuće, daju izvor energije industriji i pokreću automobile, također proizvode i većinu zagađivača zraka. Također halogeniranjem metana nastaje klormetan i kloroform koji se koriste kao lokalni anestetici.

### 6.2. Efekt staklenika

Efekt staklenika ili učinak staklenika je zagrijavanje Zemljine površine i donjih slojeva Zemljine atmosfere selektivnim propuštanjem toplinskog zračenja: atmosfera propušta velik postotak vidljive Sunčeve svjetlosti koja zagrijava Zemlju, a dio te energije reemitira se u obliku dugovalnoga toplinskog zračenja natrag u atmosferu. Najveći dio te energije se apsorbira u atmosferi molekulama vodene pare, ugljikovog dioksida, te u manjoj mjeri nekih drugih plinova (klorofluorouglijci, metan i drugi) i odbija (reflektira)

natrag prema Zemlji. Da nema učinka staklenika, temperatura na Zemlji bi bila  $-73^{\circ}\text{C}$ . Zbog povećanog stvaranja ugljikovog dioksida industrijskim procesima posljednjih se stotinjak godina efekt staklenika povećava i dovodi do općeg zagrijavanja atmosfere, a samim time i klimatskih promjena. To je proces u kojem naš planet ne uspijeva održati ravnotežu između energije prikupljene sa Sunca i topline izračene u svemir. Plinovi čija je koncentracija porasla zagađenjem atmosfere odbijaju dio topline natrag na Zemlju, što izaziva podizanje temperature atmosfere ne bi li se uspostavila nova ravnoteža. Znanstvena predviđanja i svakodnevna klimatska situacija upućuju na daljnje zagrijavanje temperature na Zemlji. Glavni je uzročnik ovog stanja povećanje stakleničkih plinova koji dovode do efekta staklenika u planetarnoj atmosferi (Mijić i sur. 2018.).

Kao glavni krivac do sada je proglašavan ugljikov dioksid ( $\text{CO}_2$ ), čija je koncentracija u atmosferi podignuta izgaranjem fosilnih goriva (ugljena, nafte, plina). No, zadnja istraživanja ukazuju na to da ugljični dioksid nije najveći uzročnik zatopljenja. Istraživanja pokazuju da je promjena klime zadnjih dvadesetak godina najvećim dijelom uzrokovana troposferskim ozonom ( $\text{O}_3$ ), metanom ( $\text{CH}_4$ ), klorofluorouglicima (CFC) i vrlo sitnim česticama čađi. Metan se stvara na Zemljinoj površini, prije svega u zemlji, rijekama, jezerima, morima i u predželucima preživača. Uzlazne struje u tropima ga zatim dižu u stratosferu. Globalno zatopljenje odnosi se na povećanje prosječne temperature u donjim slojevima atmosfere i oceana koje se događaju tijekom proteklih desetljeća. Da bi se metan prirodno razgradio potrebno je oko 12 godina. To je puno brže od  $\text{CO}_2$ , kojem je potrebno 120 godina. Međutim,  $\text{CH}_4$  apsorbira više topline. Znanstvenici stoga pretpostavljaju da je metan oko 25 puta jači od ugljičnog dioksida. Iako je životni vijek metana ( $\text{CH}_4$ ) u atmosferi puno kraći od ugljikovog dioksida ( $\text{CO}_2$ ), štetni utjecaj metana puno je veći. Po jedinici mase, utjecaj metana na klimatske promjene tijekom 20 godina je 84 puta veći od  $\text{CO}_2$ . Poljoprivreda je odgovorna za 43 % emisije metana. Enterička fermentacija i preživača i prerada životinjskog otpada, pored uzgoja riže i drugih poljoprivrednih kultura, glavni su izvori emisije metana (Stojić i Pucarević, 2019.).



Slika 4. Efekt staklenika

Izvor: <https://www.cloudschool.org/activities>

## **7. GOVEDARSTVO U STVARANJU I SUZBIJANJU EMISIJE PLINOVA**

Prosječna mliječna krava godišnje podrigne 380 kilograma snažnog stakleničkog plina.

Postoje 2 odobrene metodologije u okviru Fonda za smanjenje emisija (ERF), a to su smanjenje emisija stakleničkih plinova hranjenjem nitrata i smanjivanje emisije stakleničkih plinova hranjenjem krava za mužnju dodacima prehrani.

Dodavanje nitrata u prehranu određenom brzinom optimizira fermentaciju buraga i mijenja put vodika kako bi se dobio amonijak, a ne metan. To može imati dvostruki učinak, a to je smanjenje emisije metana uz istovremeno poboljšanje ili održavanje performansi životinja. Preporučuje se da proizvođači potraže savjet stručnjaka prije nego što koriste ovu opciju jer predoziranje može rezultirati trovanjem nitratima. Lizanje nitratne soli primjenjuje se kod životinja koje su prethodno hranjene ureom. Upotreba dijetalnih dodataka trenutno je odobrena samo za ispašu krava za mužnju i uključuje dodavanje prihvatljivih aditiva za povećanje sadržaja masti u prehrani radi smanjenja emisije metana. Smanjeno stvaranje metana može dovesti do veće učinkovitosti iskorištavanja hrane s obzirom da emisije metana predstavljaju bruto gubitak energije unešene hrane za oko 10%. Dodavanje masti i ulja u prehranu izvor su energije za životinje, a pridonose i smanjenju metana. Smanjenje emisije metana pomoću dodataka hrani, poput masti i ulja, može smanjiti proizvodnju metana za oko 18% i životinji podmiriti energetske potrebe.

Postoji nekoliko rizika - Količinu dodataka u pašnim sustavima teško je regulirati, toksičnost koja dovodi do lošeg zdravlja ili uginuća stoke rezultat je iznenadnog uvođenja nitrata ili prevelike konzumacije istih.

Prvenstveno se treba koncentrirati na istraživanja prerade stočne hrane (mehanički i kemijski tretmani) u cilju povećanja probavljivosti hranjivih tvari krmiva te primjenu organskih i anorganskih dodataka u uzgojnim programima. U preživača se može manipulirati florom buraga, uvođenjem mikroorganizama – prirodnih koji će povećati konverziju hrane i tako smanjiti proizvodnju metana. Sve navedeno može dovesti do znatnog smanjenja emisije metana po jedinici proizvoda. Također primjenom različitim mehaničkih i kemijskih tretmanima u ishrani stoke možemo značajno utjecati na smanjenje emisije metana. Npr. slama i kukuruzovina se mogu usitniti ili kemijski tretirati čime se povećava njihova probavljivost odnosno smanjuje produkcija metana tijekom probave.



Različiti organski i anorganski dodaci krmivima povećavaju aktivnost bakterija buraga. Mikrobní rast u buragu limitiran je koncentracijom amonijaka odnosno dostupnom energijom, fosforom, sumporom i drugim mineralima. Neka istraživanja pokazala su kako govedo prosječne tjelesne mase (550kg), u procesima probave, dnevno proizvede oko 250 L metana, a u nekim slučajevima i do 800 L. U želji za što većom proizvodnjom i profitom, čovjek je prouzrokovao ovakvu situaciju. Današnji obroci za krave imaju visok udio bjelančevina i energije, što u procesima razgradnje tvari dovodi do znatno većeg nastanka metana. Također i korištenje antibiotika u liječenju životinja za posljedicu može imati povećanje navedenog plina (Mijić i sur., 2018.).

## **7.1. Bioplin**

Bioplin je mješavina plinova metana, ugljikovog dioksida, dušika, vodika i vodikovog sulfida. Najvažniji i u najvećoj mjeri je zastupljen metan, koji ujedno daje energetske vrijednosti bioplinu. Bioplin nastaje procesom anaerobne digestije (AD) u kojem raznovrsni mikroorganizmi u anaerobnim uvjetima (bez prisutnosti kisika) razlažu kompleksne organske spojeve do jednostavnijih elemenata. Završni proizvodi anaerobne digestije su: bioplin – visokovrijedni energent koji se raznim tehnologijama obrade može koristiti za dobivanje drugih oblika energije (toplinska, električna) i digestat – nusproizvod digestije koji se može koristiti kao zamjena za mineralna i druga organska gnojiva (Špicnagel, 2014.). Puškec (2010.) je utvrdio da kada bi sva obiteljska poljoprivredna gospodarstva u Hrvatskoj, koja su u sektorima svinjogojstva i govedarstva, uvela bioplinška postrojenja, prema proračunima iz 2010. godine, proizvelo bi se 343 GWh električne energije, te bi se uštedjelo 59 246 tona CH<sub>4</sub>, odnosno 1 244 166 tona CO<sub>2</sub>.

Velike farme imaju izgrađene lagune za gnoj čiji je kapacitet dovoljan za 6 – 7 mjeseci skladištenja. Na nekim farmama odvaja se kruta od tekuće faze i takve se lagune nalaze većinom na farmama mliječnih krava te farmama za tov junadi i svinja. Takve farme u Hrvatskoj većinom imaju relativno dobar management otpada, odnosno zatvoreni ciklus te ne predstavljaju značajan problem u smislu zaštite okoline. Iako takav gnoj čini relativno mali udio u emisiji metana. Dobrim managementom možemo znatno smanjiti emisiju štetnih plinova. Velike koncentracije stajskog gnoja ugrožavaju tlo, atmosferu, nadzemne i podzemne vode. Postoji nekoliko načina zbrinjavanja stajskog gnoja od ispuštanja

stabilizirane gnojovke direktno u tlo, nanošenja organskog gnojiva na tlo, prerade stajskog gnoja u kompost do proizvodnje bioplina i organskog gnojiva anaerobnom fermentacijom (Voća i sur., 2005). Proizvodnjom bioplina iz govedeg gnoja, govedarske farme mogu postati značajni proizvođači energije i smanjiti emisiju stakleničkih plinova sprječavajući odlazak metana u atmosferu. Najveća proizvodnja stajskog gnoja je u govedarskoj proizvodnji i od ukupnog udjela gnoja iz stočarske proizvodnje 50, 4% potječe iz govedarske proizvodnje.

Glavni sastojak bioplina je metan ( $\text{CH}_4$ ), zatim ugljikov dioksid ( $\text{CO}_2$ ), vodik ( $\text{H}_2$ ), sumporovodik ( $\text{H}_2\text{S}$ ) te dušik ( $\text{N}_2$ ) i amonijak ( $\text{NH}_3$ ) u tragovima. S obzirom da je RH prisiljena uvoziti većinu energenata, korištenjem bioplina smanjio bi se uvoz pojedinih energenata, naročito uvoz električne energije. Samim tim bi se umanjila energetska ovisnost o drugim državama, povećao broj zaposlenih i RH bi lakše ostvarila svoju obvezu prema EU da zamijeni konvencionalna goriva s obnovljivim gorivima. Ujedno bi se smanjila emisija štetnih plinova u atmosferu, i to sprječavanjem odlaska metana u zrak koji je poznat kao jedan od stakleničkih plinova, a s druge strane smanjila bi se koncentracija ugljikovog dioksida u atmosferi, jer se smanjuje potrošnja fosilnih goriva. Emisija stakleničkih plinova u velikoj mjeri ovisi o produktivnosti sustava. Generalno, što je produktivnost niža, to je emisija po kg proizvoda viša. Proizvodnja započinje procesom anaerobnog truljenja biomase gdje dolazi do razgradnje pomoću bakterija. Proces razgradnje odvija se u 4 osnovne faze. Faze razgradnje biomase su: faza hidrolize, acidogeneze, acetogeneze i metanogeneze (Majkovčan, 2012.).

Tablica 5. Kemijski sastav bioplina (Rutz, 2012.)

Kemijski spoj	Kemijska formula	Udio
Metan	$\text{CH}_4$	50 – 75
Ugljikov dioksid	$\text{CO}_2$	25 – 45
Sumporovodik	$\text{H}_2\text{S}$	< 1
Amonijak	$\text{NH}_3$	< 1
Vodena para	$\text{H}_2\text{O}$	2 – 7
Kisik	$\text{O}_2$	< 2
Dušik	$\text{N}_2$	< 2
Vodik	$\text{H}_2$	< 1

### 7.2. 3 – Nitrooksipropanol ( 3 – NOP)

Royal DSM, globalna znanstveno utemeljena tvrtka koja se bavi zdravljem podnjela je zahtjev Europskoj uniji (EU) za odobrenje novog dodatka hrani za mliječne krave koji će smanjiti emisiju metana za oko 30% i time značajno smanjiti otpuštanje metana iz proizvodnje animalnih proizvoda.

Znanstveno je dokazano da krmni dodatak 3 – NOP smanjuje emisiju metana mliječnih krava za +/- 30%, a njegova je učinkovitost potvrđena u 26 recenziranih globalnih studija. Metan je prirodni nusprodukt probave krava i ostalih preživača, od kojih se većina ispušta u atmosferu eruktacijom i disanjem, a odgovoran je za više od polovice ugljikovog otiska krave. Poput CO<sub>2</sub>, metan je staklenički plin koji pridonosi klimatskim promjenama. Metan je kratkotrajni, ali puno snažniji staklenički plin od CO<sub>2</sub>. Smanjivanje globalnih emisija metana moglo bi stoga u kratkom roku pomoći smanjenju stope globalnog zatopljenja, pomažući društvu da ostane unutar maksimalnog porasta temperature od 1,5 – 2 °C.

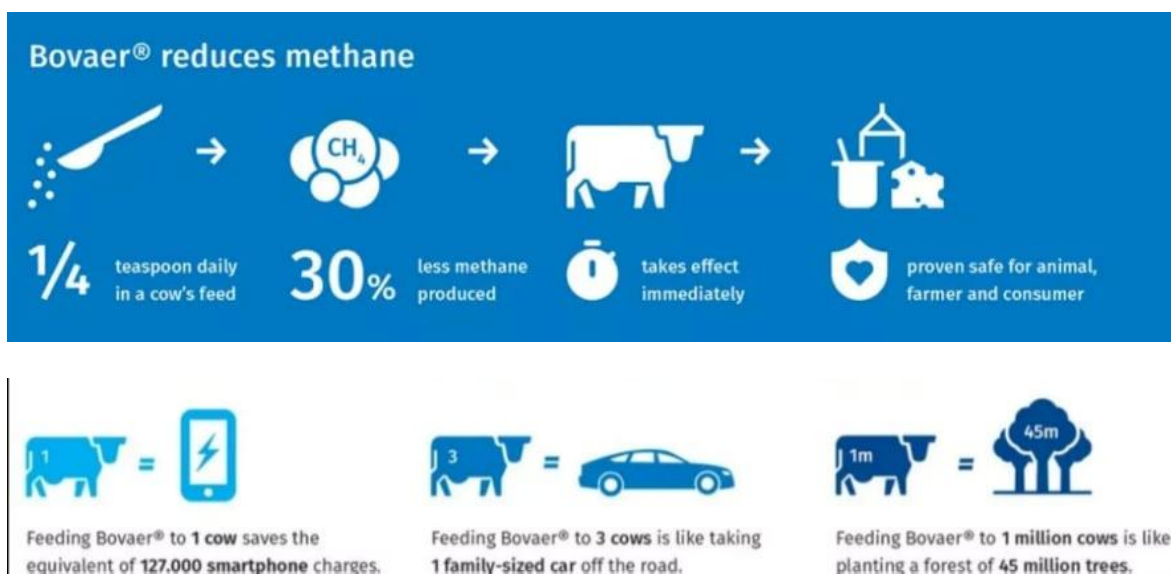
Samo četvrtina žličice krmnog dodatka 3 – NOP po kravi dnevno suzbija enzim koji pokreće proizvodnju metana u želucu. Nakon hranjenja, aditiv stupa na snagu odmah, a nakon suzbijanja stvaranja metana, on se razgrađuje na spojeve koji su već prirodno prisutni u želucu.

Istraživanja su pokazala da je dodavanje 3 – Nitrooksipropanola, koji se često naziva 3 – NOP, u hranu mliječnih krava smanjio emisiju enteričnog metana za otprilike trećinu. Daljnje istraživanje pokazalo je da je optimalna doza bijelog, granuliranog spoja 150 mg / kg, što je otprilike žlica na svakih 250 kilograma suhe hrane.

"Maksimalni učinak ublažavanja postignut je s tri najviše testirane doze 3 – NOP bez statističke razlike između 100, 150 i 200 mg/kg", rekao je istraživač Alex Hristov, istaknuti profesor prehrane na Penn State College of Agricultural. Smanjenje intenziteta emisije kretalo se od 25 do 45%. 3 – NOP jedina je tvar koja je značajno djelovala na smanjenje enteričnog metana u goveda i nije imala neprihvatljive učinke na proizvodnju ili kvalitetu mlijeka. U istraživanju provedenom u Penn State's Dairy Teaching and Research Centru, 49 krava u laktaciji naizmjenično je dobivalo obroke koji nisu sadržavali 3 – NOP i 40, 60, 80, 100, 150 i 200 mg 3 – NOP po kilogramu krmne suhe tvari. Što je najvažnije, prema

Hristovu (2019.), na unos suhe tvari i mliječnost krava 3 – NOP nije utjecao. Čak štoviše, pri smanjenju metana, povećala se koncentracija i prinos mliječne masti.

Dodatak hrani je rezultat DSM – ovog projekta „Čista krava“, desetljeće dugog istraživanja i razvoja. To je do danas najopsežnije proučavano i znanstveno dokazano rješenje u suzbijanju otpuštanja metana erukcijom. DSM, koji ima patent na 3 – NOP, već je podnio zahtjev europskim regulatorima za odobrenje prodaje spoja kao dodatka hrani za stoku. Tvrtka se nada da će se proizvod uskoro prodavati u Europskoj uniji, nakon čega slijede zahtjevi za proširenje dodatka u druge regije poput Brazila, Australije, Novog Zelanda i Kanade. DSM dodatak hrani za životinje bit će dostupan u Europi čim se odobri zahtjev, a proširenje u druge regije predviđeno je krajem 2020. / početkom 2021. godine. Da bi poljoprivrednici koristili 3 – NOP, on mora biti ekonomski isplativ, a istraživanje koje pokazuje da su relativno male doze učinkovite, ukazuje na to da može biti ekonomičan, iako DSM još nije odredio cijenu dodatka hrani.



Slika 5. Utjecaj 3 - NOP na izlučivanje metana

Izvor: <https://www.dsm.com/corporate/news/news-archive/2019/2019-09-30-dsm-takes-next-step-towards-implementation-of-its-methane-inhibitor-bovaer-in-the-netherlands.html>

### 7.3. Dodaci hrani

Lanac brze hrane Burger King objavio je plan za poboljšanje prehrane krava dodavanjem limunske trave u hranu. Ova promjena u prehrani smanjuje emisiju metana za 33% dnevno u krava, priopćila je tvrtka. Citral je ključna komponenta esencijalnih ulja ekstrahiranih iz limunske trave koja su neophodna za sintezu vitamina A. U novije vrijeme esencijalna ulja privlače pažnju zbog svog potencijala kao alternative prehrani antibioticima. Pokazalo se da esencijalna ulja iz različitih izvora mijenjaju rast i metabolizam nekoliko vrsta bakterija, uključujući bakterije buraga.

*Asparagopsis taxiformis* – crvena morska trava koja raste u tropskim krajevima je u kratkotrajnim studijama kod kategorija mliječnih krava u laktaciji smanjila emisiju metana za 80% i nije imala loš utjecaj na unos hrane ili mliječnost. S gotovo 1,5 milijardi grla stoke na svijetu, ubiranje dovoljno divljih algi koje bi se trebale dodati u hranu bilo bi nemoguće, također čini se da krave ne vole okus morskih algi jer kada je *Asparagopsis* uključen sa 0,75% prehrani, istraživači su primijetili pad unosa hrane. Također treba utvrditi dugoročne učinke morskih algi na zdravlje i reprodukciju životinja te njihove učinke na kvalitetu mlijeka i mesa.

Švicarska tvrtka "Mootral" je priopćila da bi novi sastojci u hranidbi kao što su citrusi i češnjak mogli pomoći, tako što bi neutralizirali metan koji proizvode krave. Razvili su novu metodologiju koja reducira emisiju plinova u stočarstvu. Metodologija se bazira na biokemijskim procesima koji se odvijaju tijekom preživljanja hrane. Novi, prirodni dodaci u hranidbi koji uključuju češnjak i ekstrakte citrusa inhibiraju metanogene i na taj način smanjuju emisiju metana. Procjenjuje se da bi smanjili emisiju metana iz probavnog sustava krava do 38%. Upotreba ovih prirodnih dodataka ne bi utjecala na potrošače i konzumaciju mesa, a smanjila bi emisiju plinova. Također, tvrtka je potvrdila da dodaci mogu poboljšati produktivnost krava. Laboratorijske analize pokazale su da upotreba dodataka kao što je recimo, češnjak, ne utječe na kvalitetu, miris ili okus kravljeg mlijeka.

Jedno od istraživanja provedeno je kako bi se procijenili učinci biljnih ekstrakata na metanogenezu i mikrobiološku raznolikost buraga. Biljni ekstrakti dobiveni su iz banke biljnih ekstrakata na korejskom istraživačkom institutu za bioznanost i biotehnologiju. Ciljevi studije bili su provjeriti učinke biljnih ekstrakata s poznatim antioksidativnim svojstvima, kao izvorima antimikrobnog djelovanja za manipuliranje

mikroorganizmima unutar ekosustava preživača, te procijeniti učinke biljnih ekstrakata na emisiju metana i fermentaciju preživača. Kamra i sur. (2008.) utvrdili su da je ekstrakt češnjaka smanjio proizvodnju metana za više od 25%. U zaključku se pokazalo da biljni ekstrakti (pelin, češnjak, luk, đumbir, mandarina, naranča, orlovi nokti) pokazuju svojstva smanjenja metanogeneze i mogu imati potencijalnu mogućnost korištenja kao aditivi za preživače, a da pritom ne utječu na fermentaciju preživača. Rezultati su pokazali da bi biljni ekstrakti korišteni u eksperimentu mogli biti obećavajući dodaci hrani za smanjenje emisije metana porijeklom od preživača, a istovremeno bi mogli poboljšati fermentaciju u preživača.

#### **7.4. Genetika i selekcija**

Selektivni uzgoj je uobičajena tehnika u poljoprivredi i stočarstvu, a uključuje uzgoj dvije životinje s poželjnim karakteristikama, na primjer, dvije krave s visokim prinosom mlijeka. Ako poželjno svojstvo ima genetsku osnovu, postoji veća vjerojatnost da će ga potomstvo naslijediti.

Istraživači su pokazali da je genetika pojedine krave snažno utjecala na sastav mikroorganizama u njezinom buragu. Ono što istraživanje pokazuje je da razinu i vrstu mikroba koji proizvode metan u buragu u velikoj mjeri kontrolira genetski sastav krava. To znači da bi se moglo odabrati stoku za koju je manje vjerojatno da će imati visoku razinu bakterija koje proizvode metan u svom buragu. Jedna krava u prosjeku proizvodi između 70 i 120 kg metana godišnje, a u svijetu ima oko 1,5 milijardi goveda. Istraživači su analizirali mikrobiome iz uzoraka tekućine preživača 1000 krava, zajedno s proizvodnjom mlijeka, proizvodnjom metana i drugih biokemijskih karakteristika. Iako je ovo istraživanje provedeno na mliječnim kravama, nasljednost vrsta mikroba u buragu trebala bi se primijeniti i na ostale kategorije goveda.

"Prije smo znali da je moguće smanjiti emisiju metana promjenom prehrane", kaže profesor Williams. "Ali promjena genetike mnogo je značajnija - na taj način možemo odabrati krave koje trajno proizvode manje metana."

Profesor Williams kaže da će uzgoj goveda s niskim udjelom metana ovisiti o prioritetima odabira i o drugim željenim karakteristikama kao što su kvaliteta mesa, proizvodnja

mlijeka ili otpornost na bolesti. Istraživači su također pronašli korelaciju, iako ne tako visoku, između mikrobioma krava i učinkovitosti proizvodnje mlijeka. Još se ne zna, ali se pretpostavlja da je proizvodnja s niskim udjelom metana izjednačena s većom učinkovitošću proizvodnje. To bi se moglo pokazati istinom budući da je za proizvodnju metana potrebna energija.

## 8. ZAKLJUČAK

U zadnjih desetak godina povećala se količina metana (CH<sub>4</sub>) u atmosferi. Kao jedni od glavnih „krivaca“ za to, okrivljene su i govedarske farme. Goveda zbog specifičnog načina hranjenja i fermentacije u buragu, erukcijom izbacuju taj štetni plin u atmosferu. Zbog prevelike količine metana i ugljikovog dioksida u atmosferi dolazi do sve većeg zatopljenja i stakleničkog efekta. Zato se pokušava na razne načine suzbiti stvaranje metana u procesu fermentacije u buragu goveda, dodavanjem raznih dodataka prehrani kao što je crvena morska trava, citrusi, češnjak, 3 – nitrooksiopropanol itd. ili dodavanjem nitrata. Također se pokušava i genetskom selekcijom utjecati na proizvodnju metana, a i gradnjom bioplinskih postrojenja uvelike bi se smanjila količina metana u atmosferi.



## 9. POPIS LITERATURE

1. Amić, D. (2008.): Organska kemija. Školska knjiga, d.d, Zagreb
2. Caput, P. (1987.): Govedarstvo, I dio. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet poljoprivrednih znanosti, Institut za stočarstvo i mljekarstvo, Zagreb
3. Domaćinović, M. (1999.): Praktikum vježbi hranidbe domaćih životinja. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek
4. Domaćinović, M. (2006.): Hranidba domaćih životinja. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek
5. Domaćinović, M., Antunović, Z., Džomba, E., Opačak, A., Baban, M. (2015): Specijalna hranidba domaćih životinja. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek
6. Gantner, R., Bukvić, G., Steiner, Z. (2020.): Proizvodnja krmnog bilja. Rukopis udžbenika u pripremi. Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Osijek.
7. Kalivoda, M., (1990.): Krmiva. Školska knjiga, Zagreb
8. Kirchgeßner M., F. X. Roth, F. J. Schwarz, G. I. Stangl: Tierernährung – leitfaden für, studium, beratung und praxis; DLG-Verlag-GmbH, Frankfurt am Main, 2008.
9. Liker, B. (2015.): Anatomija i fiziologija organskih sustava. Interna skripta, Zagreb
10. Majkovčan, I. (2012): Proizvodnja energije anaerobnom fermentacijom različitih konzerviranih biomasa, Osijek
11. Mijić, P., Bobić, T., Vučković, G. (2018.): Mikroklima u objektima za krave u proizvodnji mlijeka. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek
12. Puškec, T., Duić, N. (2010.): Biogas potential in Croatian Farming (Journal); Strojarsstvo 52; pp. 441 – 448
13. Rutz, D., Merger, R., Jansenn, R., (2012): Održivo korištenje toplinske energije iz bioplinskih postrojenja. WIP Renewable Energies, Munchen DE
14. Stojić, N., Pucarević, M. (2019.): Opasne i štetne supstance u poljoprivredi. Univerzitet EDUCONS, Fakultet zaštite životne sredine, Sremska kamenica
15. Šperanda, M., Domaćinović, M., Đidara, M., Solić, D. (2019.): Dobra proizvođačka praksa u animalnoj proizvodnji. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Osijek

16. Špicnagel, A-M. (2014.): Potencijal bioplinskih postrojenja u hrvatskom poljoprivrednom sektoru. Sisačko – moslavačka županija, Sitotisak Dolencić, Sisak
17. Uranjek, N., Kralik D., Kanižai, G., Vukšić, M. (2007.): Proizvodnja bioplina iz goveđe gnojovke. Krmiva, 49, (4), 215 – 219
18. Uremović, Z. (2004.): Govedarstvo. Hrvatska mljekarska udruga, Zagreb
19. Voća, N., Krička, T., Ćosić, T., Rupić, V., Jukić, Ž., Kalambura, S. (2005.): Kakvoća digestiranog ostatka nakon anaerobne digestije pilećeg gnoja. Krmiva, 47, (2), 65 – 72
20. Wheeler, B. (1996.): Guidelines for Feeding Dairy Cows. Government of Ontario, Canda, Agricultural and rural division
21. Znaor, D. (1996.): Ekološka poljoprivreda, poljoprivreda sutrašnjice. nakladni zavod Globus, Zagreb

#### **Internet izvori:**

1. Agroklub (2019.), Novi dodaci u hranidbi krava: Češnjak i citrusi smanjuju isparavanja metana?! (Izvor: <https://www.agroklub.com/stocarstvo/novi-dodaci-u-hranidbi-krava-cesnjak-i-citrusi-smanjuju-isparavanja-metana/56352/>) Pristupljeno 27.08.2020.
2. Asian-Australasian journal of animal sciences (AJAS) (2012.), Effects of Plant Extracts on Microbial Population, Methane Emission and Ruminant Fermentation Characteristics (Izvor: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4093095/>) Pristupljeno 01.09.2020.
3. Department of primary industries and regional development (2019.), Carbon farming: reducing methane emissions from cattle using feed additives (izvor: <https://www.agric.wa.gov.au/climate-change/carbon-farming-reducing-methane-emissions-cattle-using-feed-additives>) Pristupljeno 28.08.2020.
4. Deutsche Welle (DW) (2019.), Metan: Zli blizanac ugljikovog dioksida (Izvor: <https://www.dw.com/hr/metan-zli-blizanac-uglji%C4%8Dnog-dioksida/a-50962826>) Pristupljeno 19.08.2020.
5. DSM (2019.), Significant reduction of methane emissions from cattle (Izvor: <https://www.dsm.com/corporate/solutions/climate-energy/minimizing-methane-from-cattle.html>) Pristupljeno 17.08.2020.

6. Ekovjesnik (2018.), Kako smanjiti ugljični otisak proizvodnje govedeg mesa (Izvor: <https://www.ekovjesnik.hr/clanak/725/kako-smanjiti-ugljicni-otisak-proizvodnje-govedeg-mesa>) Pristupljeno 29.08.2020.
7. Greenmatters (2020.), Does lemongrass reduce cow's methane emissions? (Izvor: <https://www.greenmatters.com/p/lemongrass-cows-methane-emissions-burger-king>) Pristupljeno 15.08.2020.
8. Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu HAPIH (2019.), Zbornik predavanja, XIV savjetovanje uzgajivača goveda u Republici Hrvatskoj (Izvor: [https://docs.google.com/document/d/1vwloMlnBzo5IN\\_Gp3K3aitZ3rbjaO-CzVKRjzNUqBDg/edit](https://docs.google.com/document/d/1vwloMlnBzo5IN_Gp3K3aitZ3rbjaO-CzVKRjzNUqBDg/edit)) Pristupljeno 28.08.2020.
9. Kristian Pastuović (2015.), Završni rad, Značenje mikropopulacije buraga preživaca (Izvor: <https://repositorij.fazos.hr/islandora/object/pfos%3A149/datastream/PDF/view>) Pristupljeno 15.08.2020.
10. Let's talk science (2020.), Cows, methane, and climate change (Izvor: <https://letstalkscience.ca/educational-resources/stem-in-context/cows-methane-and-climate-change>) Pristupljeno 01.09.2020.
11. Scence direct (2012.), A linear programming model to optimize diets in environmental policy scenarios (Izvor: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030212000859>) Pristupljeno 20.08.2020.
12. Slika efekt staklenika (Izvor: <https://www.cloudschool.org/activities/ahFzfmNsb3Vkc2Nob29sLWFwcHI5CxEVXNlchiAgICA1PCKCgwLEgZDb3Vyc2UYgICAgMT8kAoMCxIIQWN0aXZpdHkYgICAgNTwigkMogEQNTcyODg4NTg4Mjc0ODkyOA>) Pristupljeno: 20.08.2020.
13. Slika predželudaca i sirišta (2005.), (Izvor: [https://www.mun.ca/biology/scarr/Ruminant\\_Digestion.html](https://www.mun.ca/biology/scarr/Ruminant_Digestion.html); <http://www.gcmec.com/projects/1-ton-sheep-cattle-small-feed-mill-plant.html>) Pristupljeno: 15.08.2020.
14. World economic forum (2019.), Scientists have a new suggestion to create more climate-friendly cows (Izvor: <https://www.weforum.org/agenda/2019/07/methane-cow-beef-greenhouse-gas-prebiotic/>) Pristupljeno 27.08.2020.

## **10. SAŽETAK**

U ovom radu opisan je problem izlučivanja prevelike količine metana u okoliš. Izlučivanje se događa pod utjecajem mikrobiološke populacije buraga. Metan se stvara u fermentacijskim procesima koja su ostvariva u anaerobnim okolnostima buraga preživača. Metan se nečujnom pojavom eruktacije izlučuje u okoliš i time zagađuje atmosferu povećavajući staklenički efekt. U radu su opisane anatomske – fiziološke odlike probavnog sustava preživača i hranidbene potrebe goveda za određenim krmivima, kao i mogućnost dodataka prehrani kako bi se smanjila količina metana u buragu.

## **11. SUMMARY**

This document describes the problem about too much methane excretion into the environment. Excretion occurs under the influence of microbiological populations of the rumen. Methane is formed in fermentation processes that are achievable in the anaerobic circumstances of ruminant rumen. Methane is excreted in the environment by the silent occurrence of eructation and pollutes the atmosphere over time, increasing the greenhouse effect. This document also describes the anatomical - physiological characteristics of the digestive system of ruminants and the nutritional needs of cattle for certain feeds, as well as the possibility of adding food to reduce the amount of methane in the rumen.

## 12. POPIS SLIKA

Slika 1. Pogled s lijeve strane na predželuce i sirište goveda.....	4
Slika 2. Uzdužni presjek goveđeg retikulorumena.....	5
Slika 3. Eruktacija .....	9
Slika 4. Efekt staklenika .....	27
Slika 5. Utjecaj 3 - NOP na izlučivanje metana .....	32

### 13. POPIS TABLICA

Tablica 1. Volumen probavnog trakta u L.....	2
Tablica 2. Primjeri najčešćih voluminoznih i koncentriranih krmiva .....	11
Tablica 3. Maksimalno moguća dnevna konzumacija suhe tvari krme kod krava od sredine do kraja laktacije.....	19
Tablica 4. Sadržaj ukupnih kiselina u buragu ovisno o vrsti obroka.....	23
Tablica 5. Kemijski sastav bioplina.....	30

## **UTJECAJ HRANIDBE GOVEDA NA IZLUČIVANJE METANA U OKOLIŠ**

Katarina Tilhof

**Sažetak:**

U ovom radu opisan je problem izlučivanja prevelike količine metana u okoliš. Izlučivanje se događa pod utjecajem mikrobiološke populacije buraga. Metan se stvara u fermentacijskim procesima koja su ostvariva u anaerobnim okolnostima buraga preživača. Metan se nečujnom pojavom eruktacije izlučuje u okoliš i time zagađuje atmosferu povećavajući staklenički efekt. U radu su opisane anatomske – fiziološke odlike probavnog sustava preživača i hranidbene potrebe goveda za određenim krmivima, kao i mogućnost dodataka prehrani kako bi se smanjila količina metana u buragu.

**Rad je izrađen pri:** Fakultet Agrobiotehničkih znanosti

**Mentor:** Prof. dr. sc. Zvonimir Steiner, mentor

**Broj stranica:** 45

**Broj grafikona i slika:** 5

**Broj tablica:** 5

**Broj literaturnih navoda:** 55

**Broj priloga:** 0

**Jezik izvornika:** Hrvatski

**Ključne riječi:** hranidba, preživači, probavni sustav, metan, dodaci prehrani, staklenički efekt, eruktacija.

**Datum obrane:**

**Stručno povjerenstvo za obranu:**

1. Prof. dr. sc. Pero Mijić, predsjednik
2. Prof. dr. sc. Zvonimir Steiner, mentor
3. dr. sc. Mario Ronta, član

**Rad je pohranjen u:** Knjižnica Fakulteta Agrobiotehničkih znanosti, Sveučilišta u Osijeku, Vladimira Preloga 1



**BASIC DOCUMENTATION CARD**

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek**  
**Faculty of Agrobiotechnical Sciences**  
**University Graduate Studies, Feeding farm animals**

**Graduate thesis**

**IMPACT OF BOVINE FEEDING ON METHANE EXCRETION INTO THE ENVIRONMENT**

Katarina Tilhof

**Abstract:**

This document describes the problem about too much excretion methane into the environment. Excretion occurs under the influence of microbiological populations of the rumen. Methane is formed in fermentation processes that are achievable in the anaerobic circumstances of ruminant rumen. Methane is excreted in the environment by the silent occurrence of eructation and pollutes the atmosphere over time, increasing the greenhouse effect. This document also describes the anatomical - physiological characteristics of the digestive system of ruminants and the nutritional needs of cattle for certain feeds, as well as the possibility of adding food to reduce the amount of methane in the rumen.

**Thesis performed at:** Faculty of Agriculture in Osijek

**Mentor:** Prof. dr. sc. Zvonimir Steiner, mentor

**Number of pages:** 45

**Number of figures:** 5

**Number of tables:** 5

**Number of references:** 55

**Number of appendices:** 0

**Original in:** Croatian

**Key words:** feeding, ruminants, digestive system, methane, dietary supplements, greenhouse effect, eructation.

**Thesis defended on date:**

**Reviewers:**

1. Prof. dr. sc. Pero Mijić, predsjednik
2. Prof. dr. sc. Zvonimir Steiner, mentor
3. dr. sc. Mario Ronta, član

**Thesis deposited at:** Library, Faculty of Agriculture in Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Kralja Petra Svačića 1d.