

# EMISIJE TOPLOGREDNIH PLINOV V SEKTORJU PRIREJE MLEKA

Marija Bric<sup>1</sup>, Matjaž Turinek<sup>2</sup>, Nataša Unuk<sup>3</sup>, Blaška Božnar<sup>4</sup>, Janez Benedičič<sup>5</sup>, Urška Trobec<sup>6</sup>, Anka Lipušček Miklavič<sup>7</sup>, Karmen Erjavec<sup>8</sup>, Marija Klopčič<sup>9</sup>

## IZVLEČEK

V zadnjem času smo priča podnebnim spremembam, ki so posledica segrevanja ozračja zaradi vse večjih izpustov toplogrednih plinov antropogenega izvora. Na osnovi rezultatov raziskav, ki jih je za leto 2016 objavil FAO, naj bi živinoreja v globalnem smislu prispevala 5,8 % emisij vseh toplogrednih plinov. Znotraj živinorejskega sektorja naj bi reja krav molznic predstavljala enega največjih virov emisij CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O in NH<sub>3</sub>, kar pomeni, da bi zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov in amonijaka v sektorju prireje mleka, lahko globalno gledano, pomenilo napredek v smeri blaženja podnebnih sprememb. Na emisije toplogrednih plinov v sektorju prireje mleka vplivajo različni z managementom povezani dejavniki kot so prehrana (krmni obrok in režim krmljenja) živali, ureditev hlevov, sistem odstranjevanja in skladiščenja ter aplikacije živalskih izločkov, zračenje hlevov. Pomemben vpliv pa imajo tudi pasma živali, nivo mlečnosti, mikro-klima hleva in lokalne vremenske razmere. Na temo merjenja emisij toplogrednih plinov (TPG) v čredah krav molznic je bilo opravljenih že kar nekaj raziskav, vendar se rezultati med različnimi raziskavami močno razlikujejo. V okviru EIP-AGRI projekta »Kroženje hranil, organske snovi, procesov in informacij v kmetijstvu« bomo v naslednjem letu izvajali meritve emisij amonijaka in drugih toplogrednih plinov na 10 v prirejo mleka usmerjenih kmetijah v Sloveniji. V tem prispevku bomo predstavili namen in metodologijo meritev emisij TPG, ki jih bomo mesečno izvajali na omenjenih kmetijah.

**KLJUČNE BESEDE:** krave molznice, emisije toplogrednih plinov, mikro-klima hleva, način kmetovanja

## GREENHOUSE GAS EMISSIONS IN THE DAIRY SECTOR

### ABSTRACT

Recently, we are witnessing climate changes as a result of global warming due to increasing greenhouse gas (GHG) emissions from anthropogenic sources. Based on the results of research published by the FAO in 2016, livestock farming is expected to contribute 5.8% of all greenhouse gas emissions globally. Within the livestock sector, dairy cows are expected to be one of the largest sources of CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, and NH<sub>3</sub> emissions, which means that

<sup>1</sup> mag. inž. zoot., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko, Groblje 3, 1230 Domžale

<sup>2</sup> dr., Ekološka kmetija in izobraževanje "Zlate Misli", Jareninski Dol 2, 2221 Jarenina

<sup>3</sup> univ. dipl. inž. zoot., Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije, Kmetijsko gozdarski zavod Ptuj, Ormoška cesta 28, 2251 Ptuj

<sup>4</sup> univ. dipl. inž. zoot., Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije, Kmetijsko gozdarski zavod Kranj, Cesta Iva Slavca 1, 4000 Kranj

<sup>5</sup> doc. dr., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Aškerčeva cesta 6, 1000 Ljubljana

<sup>6</sup> univ. dipl. inž. zoot., Grm Novo mesto, Center biotehniko in turizma, Sevnica 13, 8000 Novo mesto

<sup>7</sup> univ. dipl. inž. kmet., Mlekarna Planika, predelava mleka d.o.o. Kobarid, Gregorčičeva ulica 32, 5222 Kobarid

<sup>8</sup> prof. dr., Univerza v Novem mestu, Fakulteta za ekonomijo in informatiko, Na Loko 2, 8000 Novo mesto

<sup>9</sup> izr. prof. dr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko, Groblje 3, 1230 Domžale

reducing greenhouse gas and ammonia emissions in the dairy sector could, globally be a step towards climate change mitigation. Greenhouse gas emissions in the dairy sector are influenced by various management-related factors such as animal nutrition (feed ratio and feeding regime), housing of dairy cattle, disposal and storage system and application of animal excreta, barn ventilation. In addition, breed of the animal, the level of milk yield, the micro-climate of the barn, and local weather conditions also have an important influence. There have been quite a few studies on the topic of measuring greenhouse gas emissions in dairy herds, but the results vary significantly between different studies. As part of the EIP-AGRI project "Circulation of nutrients, organic matter, processes and information in agriculture," next year we will perform measurements of ammonia and other greenhouse gas emissions at ten dairy farms in Slovenia. In this article, we will present the purpose and methodology of measurements of GHG emissions, which will be carried out monthly on these farms.

**KEY WORDS:** dairy cows, greenhouse gas emissions, micro-climate in barn, farming system

## 1. UVOD

Klimatske spremembe so eden največjih skrb vzbujajočih dejavnikov, ki smo jim priča v današnjem času (Steffen in sod., 2007). Plini, prisotni v atmosferi, so tako naravnega kot tudi antropogenega izvora in opravljajo funkcijo absorpcije in zadrževanja sončnih žarkov v obliki toplote. Brez prisotnosti toplogrednih plinov v naši atmosferi, bi bila temperatura ozračja v povprečju nižja za 32°C, kar pomeni, da bi povprečna temperatura na zemlji znašala cca. -18°C (Routledge in sod., 2018). Prvi, ki je leta 1824 odkril učinek tople grede, je bil francoski fizik in matematik, Joseph Fourier, prvi zanesljivi preizkus učinka tople grede pa je 24 let kasneje (1858) naredil irski fizik, John Tydall (Thompson, 2019).

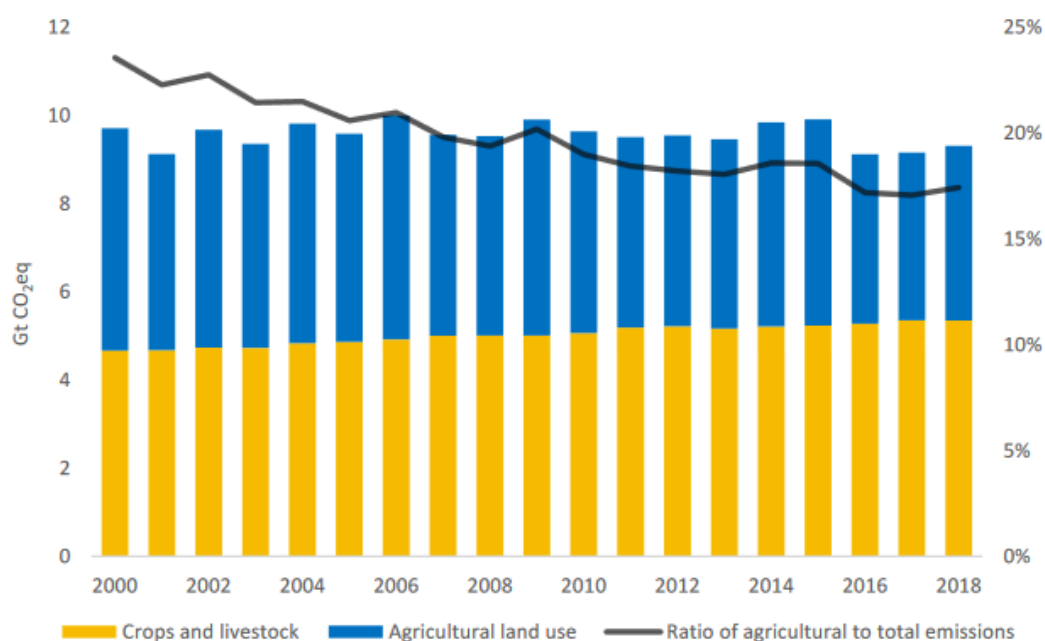
V zadnjih letih se je izkazalo, da je kmetijska dejavnost z letno 9,3 milijardami ton proizvedenih emisij CO<sub>2-eq</sub>, eden največjih proizvajalcev emisij toplogrednih plinov antropogenega izvora (FAO, 2020). Znotraj tega, naj bi sektor prireje mleka (vključno s prirejo mesa) po nekaterih ocenah predstavljal 4,0 % globalnih emisij toplogrednih plinov, izključno prireja mleka pa naj bi k temu prispevala 2,7 % (Gerber in sod., 2010). Potreba po mleku in mlečnih izdelkih se bo po pričakovanjih glede na rast populacije do sredine stoletja podvojila, na drugi strani pa bodo hkrati potrebna velika zmanjšanja izpustov toplogrednih plinov, če bomo želeli omejiti oz. zaustaviti trend segrevanja ozračja (Flysjö, 2012).

Kilogram mleka, korigiran na vsebnosti 4,0 % maščob in 3,3 % beljakovin (v nadaljevanju FPC mleko), naj bi bil v povprečju obremenjen z 2,4 kg CO<sub>2-eq</sub> emisij. Najvišje emisije na kg FPC mleka so bile zabeležene v razvijajočih se državah, najnižje pa v razvitejših državah (Gerber in sod., 2010). Višje emisije na kilogram FPC mleka so bile ugotovljene v pašnih sistemih rej (2,72 kg CO<sub>2-eq</sub>/kg FPC mleka), v kombiniranih (pašno-hlevskih) sistemih rej pa nižje (1,78 kg CO<sub>2-eq</sub>/kg FPC mleko) (Gerber in sod., 2010).

## 2. PREGLED LITERATURE

### 2.1 Emisije toplogrednih plinov iz kmetijstva

V letu 2018 smo zabeležili skupno 2,0 % rast svetovnih emisij toplogrednih plinov v primerjavi z letom 2017, kar je v večini posledica povečanja skupnih emisij CO<sub>2</sub> zaradi izgorevanja fosilnih goriv in drugih industrijskih procesov, kot je denimo proizvodnja cementa. Skupna količina proizvedenih emisij je v omenjenem letu znašala 55,6 milijard ton CO<sub>2</sub>-eq. Emisije metana (CH<sub>4</sub>) in didušikovega oksida (N<sub>2</sub>O) so se povečale za 1,8 % oz. 0,8 %, emisije tako imenovanih F-plinov pa so povečale za približno 6 %. Fosilni izpusti CO<sub>2</sub> so z 72 % največji vir emisij toplogrednih plinov na svetu, sledijo jim emisije CH<sub>4</sub> (19%), N<sub>2</sub>O (6 %) in F-plini (3 %). Današnje emisije toplogrednih plinov so približno 57 % večje kot leta 1990 in 43 % večje kot leta 2000 (Olivier in Peters, 2020).



Slika 1: Primerjava emisij toplogrednih plinov iz poljedelstva in živinoreje napram emisijam iz sektorja rabe zemlje v letih 2000–2018 ter prikaz deleža emisij iz kmetijstva napram skupnim globalnim emisijam (FAO, 2020)

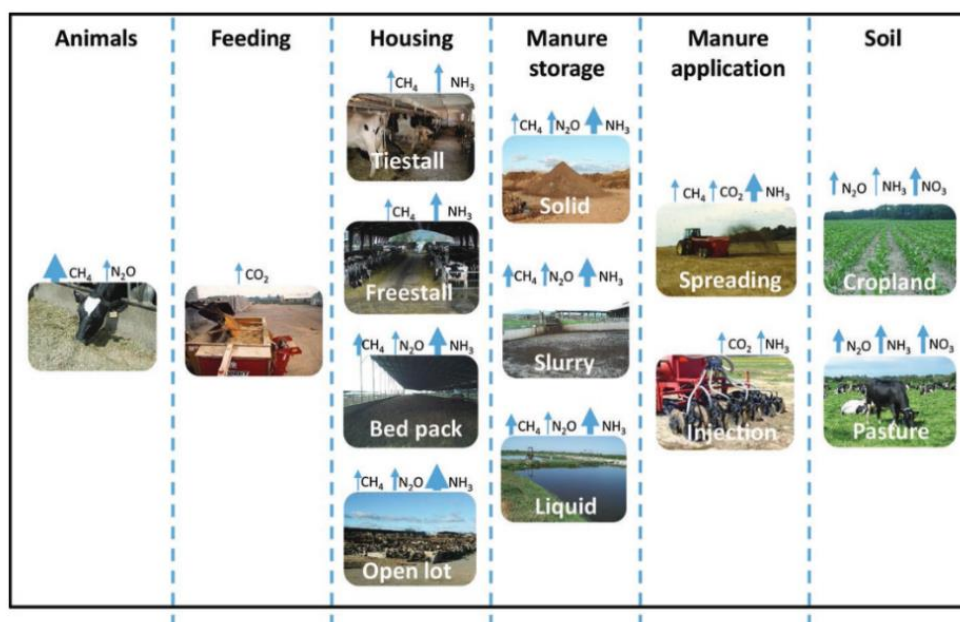
Iz slike 1 je razvidno, da so se v začetku tisočletja emisije toplogrednih plinov iz kmetijstva in rabe zemlje iz leta v leto sočasno povečevale. Emisije iz poljedelstva in živinoreje (kmetijstva) so naraščale skozi celotno opazovano obdobje od leta 2000 do leta 2018, in so bile v letu 2018 za 14 % večje, kot leta 2000. Emisije, vezane na rabo zemlje pa so se skozi opazovano obdobje zmanjšale, kar gre najverjetneje pripisati zmanjševanju obsega sečnje oz. krčenja gozdov. Skupno gledano so bile emisije iz poljedelstva, živinoreje in rabe zemlje v letu 2018 za 4 % nižje, kot leta 2000. Tako je leta 2018 skupni doprinos kmetijstva h globalnim emisijam toplogrednih plinov znašal 17 %, kar je 7 % manj, kot v letu 2000. K zmanjšanju absolutnega deleža emisij iz kmetijstva in rabe zemlje v letu 2018 je pripomogla tudi hitrejša rast emisij iz drugih ekonomsko pomembnih sektorjev v opazovanem obdobju (FAO, 2020).

Emisije toplogrednih plinov iz živinorejskih objektov in njihov vpliv na okolje so dandanes vse pomembnejša tema preučevanja zaradi vse večje težnje k razvoju tehnik zmanjševanja izpustov le-teh (Ogink in sod., 2013). Znotraj hlevov težko ločimo vire toplogrednih plinov, zato so emisije, ki jih proizvajajo živali in emisije, ki izvirajo iz ostalih virov znotraj hleva (izločki, krma) navadno obravnavane skupaj pod pojmom emisije toplogrednih plinov iz živinorejskih objektov, emisije iz skladišč za živalske izločke pa se smatrajo kot samostojna kategorija (Rotz in Richard, 2007).

Večina metod za merjenje emisij toplogrednih plinov, ki so dandanes na voljo, so bile razvite v osemdesetih in devetdesetih letih prejšnjega stoletja. Znanstveniki so že na samem začetku ugotovili, da je merjenje emisij plinov v naravno prezračevanih hlevih veliko bolj kompleksno in predstavlja večji izziv napram merjenju emisij v mehansko prezračevanih hlevih. Pretok zraka v naravno prezračevanih hlevih je namreč odvisen od mnogo različnih dejavnikov, kot so hitrost in smer vetra, temperatura zraka, proizvodnja toplote po živali, konstrukcija objekta itd., kar rezultira v različnih koncentracijah plinov z visoko in neskladno variabilnostjo v prostoru in času (Ogink in sod., 2013). Najpogostejši način merjenja emisij toplogrednih plinov v naravno prezračevanih hlevih za krave molznice je neposredno merjenje koncentracij toplogrednih plinov s pomočjo vzorčevalnikov pasivnega toka zraka (Ogink in sod., 2013).

### 2.2.1 Viri emisij toplogrednih plinov na govedorejskih kmetijah

Posamezne komponente toplogrednih plinov, ki prispevajo k skupnemu globalnemu toplogrednemu učinku, izvirajo iz procesov, ki se odvijajo tako znotraj, kot tudi izven kmetije (Ross in sod., 2014). Thoma in sod. (2013) so v svoji raziskavi ugotovili, da na ravni kmetije predstavljajo največji vir emisij emisije  $\text{CH}_4$  prežvekovalcev, emisije  $\text{CH}_4$  in  $\text{N}_2\text{O}$  iz skladišč za živalske izločke in aplikacije le-teh na kmetijske površine.



Slika 2: Najpomembnejši viri emisij toplogrednih plinov v mlečnem sektorju (Rotz, 2018)

Metan ( $\text{CH}_4$ ) izvira iz fermentacije v predželodcih prežvekovalcev in iz anaerobne fermentacije v skladiščih živalskih izločkov (Chagunda in sod., 2009) in je glavni toplogredni plin v sistemih reje prežvekovalcev (Crosson in sod., 2011). Količina proizvedenega metana je odvisna od sestave krmnega obroka, količine zaužite krme, telesne mase živali, dnevnega prirasta živali, prebavljivosti krme, brejosti in prireje (Chagunda in sod., 2009). Metan, ki izvira iz skladišč za živalske izločke, je odvisen od količine izločkov, njihove vsebnosti ogljika in dušika, deleža izločkov, ki se razgradi pod anaerobnimi pogoji ter temperature, trajanja in načina skladiščenja. Običajno so v skladiščih z gnojvko večje emisije  $\text{CH}_4$ , v skladiščih za gnoj pa so večje emisije  $\text{N}_2\text{O}$  (Amon in sod., 2001).

Emisije  $\text{N}_2\text{O}$  imajo na kmetiji lahko več izvorov, denimo skladišča za živalske izločke ter aplikacija le-teh in mineralnih ter drugih kemičnih pripravkov na kmetijske površine. Vir emisij  $\text{N}_2\text{O}$  predstavlja tudi razgradnja ostankov poljščin v zemlji na kmetijskih površinah (IPCC, 2007). Kmetijstvo naj bi bilo odgovorno za 94 % vseh emisij  $\text{NH}_3$ , samo živinoreja pa naj bi prispevala 64 % vseh globalnih emisij omenjenega plina (Steinfeld in sod., 2006). Različni, predvsem z managementom in okoljem povezani dejavniki, vplivajo na emisije  $\text{NH}_3$  (Sanchis in sod., 2019).

Emisije amonijaka tudi zelo težko izmerimo, zaradi njegovih kemijskih in fizikalnih lastnosti (Harper, 2005). Krave sicer z izločanjem blata, urina in respiracijo izločijo zelo majhne količine amonijaka, je pa gnoj navadno največji vir emisij amonijaka na kmetiji. Večina dušika (N) izločenega s sečem je v obliki uree (65-75 %). Emisije amonijaka in ogljikovega dioksida nastanejo, ko prideta v stik blato in seč živali, saj pričnejo bakterije iz blata s pomočjo encima ureaze, ki ga proizvajajo, razgrajevati ureo, pri tem pa nastane produkt amonijak in ogljikov dioksid. Količina nastalega amonijaka je odvisna od količine uree, stopnje mešanja urina in blata živali in temperature (višja temperatura, večja produkcija amonijaka) (Weiss, 2021).

Kmetijstvo se ne smatra, kot pomemben vir emisij  $\text{CO}_2$ , saj je veliko večji proizvajalec drugih toplogrednih plinov, kot so metan, didušikov oksid in amonijak.  $\text{CO}_2$ , ki izvira iz kmetijstva, je sestavni del ogljičnega ciklusa, ki se prične s fiksacijo ogljika v procesu fotosinteze v rastlinah. Ko živali konzumirajo rastlinsko krmo, del tega v krmi fiksanega ogljika pretvorijo nazaj v  $\text{CO}_2$ , ki ga izločijo s procesom dihanja, nekaj ogljika se pretvori v  $\text{CH}_4$ , del pa se ga asimilira v živalske proizvode (Chianese in sod., 2009a). Nekateri viri navajajo, da je 90 % emisij, proizvedenih na kmetijah, posledica respiracije živali, ostalo pa je posledica emisij iz skladišč za živalske izločke in uporabe fosilnih goriv (Chianese in sod., 2009a). Poljščine naj bi po navedbi Chianese in sod. (2009b) asimilirale še 50 % več emisij  $\text{CO}_2$ , kot jih je proizvedenih na kmetijah.

### **2.2.2 Dejavniki vpliva na emisije toplogrednih plinov pri kravah molznicah**

Na emisije toplogrednih plinov pri kravah molznicah vpliva vrsta dejavnikov, od prehrane, ureditve hlevov, sistema odstranjevanja, skladiščenja in aplikacije živalskih izločkov na kmetijske površine, do pasme živali, nivoja mlečnosti itd.

## PREHRANA

Knapp in sod. (2014) so ugotovili, da lahko krmni obrok in režim krmljenja prispevata k zmanjšani intenzivnosti produkcije metana (količina emisij na kilogram mleka) za od 2,5 do 15 %. van Wyngaard in sod. (2018) so preučevali vpliv nivoja koncentratov v krmnem obroku na mlečnost in emisije CH<sub>4</sub> pri kravah molznicah Jersey pasme. Ugotovili so, da se je skupaj s povečevanjem deleža koncentratov v krmnem obroku, linearno zaradi skupno večje količine zaužite suhe snovi (SS) v obroku, povečevala absolutna produkcija metana po kravi (iz 323 na 378 g CH<sub>4</sub>/kravo/dan). Ravno zaradi večje količine zaužite SS v krmnem obroku, pa se je zmanjšala produkcija metana na kg SS (iz 29,1 na 25,1 g CH<sub>4</sub>/kg SS). Zaradi pozitivne korelacije med lastnostjo mlečnosti in dodajanjem koncentratov v krmni obrok, je bil kilogram mleka krav, ki so zaužile več koncentratov, obremenjen z manj emisijami metana (21,1 g CH<sub>4</sub>/kg mleka), kot kilogram mleka krav, ki v svoj krmni obrok niso imele vključenega dodatka koncentratov (28,8 g CH<sub>4</sub>/kg mleka) (van Wyngaard in sod., 2018).

V *in vivo* študiji, ki so jo leta 2019 objavili Roque in sod. (2019), so ugotovili, da bi lahko kot potencialni dodatek h krmnemu obroku za krave molznice za zmanjšanje produkcije metana, uporabili algo *Asparagopsis armata*. Ugotovili so, da so krave, ki so jim v krmni obrok dodali 0,5 % dodatka *Asparagopsis armata*, proizvedle za do 26,4 % manj CH<sub>4</sub>, kot krave, ki v krmnem obroku niso dobile dodatka (kontrolna skupina), dodatek 1 % *Asparagopsis armata* v krmni obrok pa je pri kravah zmanjšal produkcijo CH<sub>4</sub> za do 67,2 % (Roque in sod., 2019).

Še ena izmed možnosti za zmanjšanje emisij toplogrednih plinov v konvencionalnih sistemih reje krav molznic, naj bi bila uvedba paše. Po poročanju Dutreuil in sod. (2014), bi lahko z uvedbo paše zmanjšali absolutne skupne emisije CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> in N<sub>2</sub>O za do 27,6 %, brez negativnega vpliva na prirejo.

Patra (2013) je v svoji študiji preučeval vpliv maščob v krmnem obroku na emisije metana. Ugotovil je, da dodatek maščob v krmni obrok povzroči zmanjšanje absolutne produkcije metana. Predvsem maščobni kislini C12:0 in C18:3 ter dodatek dolgoverižnih nenasičenih maščobnih kislin do 6 % SS krmnega obroka, imajo lahko dokazano inhibitorski učinek na proces metanogeneze, brez negativnega učinka na prirejo mleka.

## GENETIKA

Mnogo študij na temo možnosti zmanjšanja emisij toplogrednih plinov v živinoreji je v teku z namenom ugotoviti tehnične možnosti zmanjšanja izpustov le-teh v okolje. Za mnoge rejce, njihove družine, podjetja in industrijo, ki jim živinoreja omogoča preživetje, kot tudi za potrošnike, bi bile spremembe v zmanjšanju staleža živali kot tudi v zmanjšanju prireje, nezaželene oz. nesprijemljive (Amer in sod., 2018). Med tem, ko lahko z različnimi strategijami spreminjanja krmnega obroka vplivamo na produkcijo metana in didušikovega oksida, bi lahko tudi s selekcijo brez večjih stroškov, vplivali na zmanjšanje emisij in povečali profitabilnost prireje mleka, poleg tega pa so učinki selekcije dolgotrajni in kumulativni (Pryce in Bell, 2017). Znanstveniki ugotavljajo, da je učinek genetike živali na intenzivnost produkcije metana tako na ravni posamezne živali, kot na ravni celotne kmetije vse večji. Na temo možnosti blaženja emisij metana s pomočjo genetike je bilo do sedaj

opravljenih majhno število raziskav. Variabilnost v produkciji metana je bila dokazana tako med posameznimi pasmami živali, kot tudi med posameznimi živalmi, kar nakazuje na potencial izboljšanja te lastnosti s pomočjo genomske selekcije. Na žalost je merjenje produkcije emisij metana na individualni ravni živali v praksi zelo zahtevno in ovira neposredno selekcijo na zmanjšanje emisij metana v praksi (de Haas in sod., 2011).

Pomembno je, da selekcija upošteva izboljšanje intenzivnosti emisij, in se ne osredotoča zgolj na zmanjšanje absolutnih emisij toplogrednih plinov. Krave z višjo prirejo mleka namreč proizvedejo manj emisij metana na enoto proizvoda, kot manj produktivne krave (Ross in sod., 2014). Emisije toplogrednih plinov so v živinorejskih sistemih močno povezane s količino zaužite krme po živali. Zelo dobro je poznana genetska povezava med proizvodno sposobnostjo živali in potrebami po krmi, zato bi lahko selekcijski kriterij povezan z zmanjšanjem vnosa krme povzročil zmanjšanje prireje živali, kar bi negativno vplivalo na intenzivnost emisij (povečanje emisij toplogrednih plinov na enoto živalskega proizvoda). Genetski napredek v smislu zmanjšanja intenzivnosti emisij, lahko dosežemo z izboljšanjem plodnosti in prireje živali. Boljša preživitvena sposobnost plemenskih živali rezultira v manjši potrebi po nadomestnih živalih (manjši remont), in so zato emisije toplogrednih plinov na račun teh nadomestnih živali zmanjšane. Selekcija oz. genetika ima kljub kompleksnosti in večplastnosti, velik potencial v zvezi z zmanjšanjem emisij toplogrednih plinov v kmetijstvu (Amer in sod., 2018).

## **SISTEM UHLEVITVE**

Po podatkih Kmetijsko-gozdarske zbornice Slovenije in območnih Kmetijsko-gozdarskih zavodov, smo imeli meseca aprila 2021 v Sloveniji v kontrolo prireje mleka vključenih 3.082 kmetijskih gospodarstev, od tega jih je večina, kar 2.253 kmetijskih gospodarstev, živali redilo v sistemih vezane reje, kar znaša skoraj 73 % in le 27 % v prosti reji (Glač, 2021). Raziskovalci se sprašujejo, ali različni sistemi uhlevitev oz. konstrukcije hlevov, lahko vplivajo na emisije podnebno pomembnih plinov (Monteny in sod., 2006). Študije na temo preučevanja emisij metana in amonijaka v sistemih uhlevitev krav molznic, se razlikujejo glede na tip hleva, tip tal, strategijo krmljenja, koncept same raziskave, metodo merjenja itd., kar posledično vodi v zelo širok spekter rezultatov izmerjenih vrednosti emisij znotraj in med posameznimi študijami (Poteko in sod., 2019). Če želimo določiti najboljše pristope zmanjševanja oz. blaženja emisij toplogrednih plinov v hlevih za krave molznice, je znanje o pomembnih dejavnikih vpliva na emisije CH<sub>4</sub> in NH<sub>3</sub>, nepogrešljivo (Poteko in sod., 2019). Amon in sod. (2001) navajajo, da so emisije N<sub>2</sub>O iz hlevov z vezano rejo živali podobne, kot emisije iz hlevov z globokim nastilom na slami ali hlevov na rešetke. Edouard in sod. (2012) so izmerili višje emisije CH<sub>4</sub> in N<sub>2</sub>O v hlevih z globokim nastiljem, kot v hlevih na vezano rejo. Ngwabie in sod. (2009) ter Joo in sod. (2015) so v svojih raziskavah ugotovili, da so v naravno prezračevanih hlevih na prosto rejo navadno nižje emisije N<sub>2</sub>O, kot v drugih sistemih reje. Razlike med opravljenimi študijami na temo merjenja emisij toplogrednih plinov v hlevih za krave molznice glede osnovnih pogojev, kot so velikost črede, živali, prezračevanje, management, krmni obrok in režim krmljenja itd., ter koncepta merjenja (analitika, metode, trajanje in pogostost meritev, merjenje na eni oz. več kmetijah

itd.), zmanjšujejo primerljivost rezultatov med različnimi študijami (Poteko in sod., 2019). Za namen izboljšanja baze podatkov in s tem tudi primerljivosti rezultatov med različnimi študijami na to temo, bi bilo v prihodnosti potrebno dokumentirati vse pomembne dejavnike vplivov in natančno opisati metode merjenja emisij toplogrednih plinov v hlevih za krave molznice (Poteko in sod., 2019).

### **3 MERJENJE EMISIJ TOPLOGREDNIH PLINOV V HLEVIH S KRAVAMI MOLZNICAMI V OKVIRU EIP – AGRI PROJEKTA**

V okviru EIP-AGRI projekta »Kroženje hranil, organske snovi, procesov in informacij v kmetijstvu«, bomo v prihajajočem letu izvajali meritve koncentracij amonijaka ( $\text{NH}_3$ ) in drugih toplogrednih plinov ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$  in  $\text{N}_2\text{O}$ ) na 10 v prirejo mleka usmerjenih kmetijah v Sloveniji z različnimi sistemi namestitve živali ter različnimi načini kmetovanja. Na teh kmetijah bomo spremljali krogotok hranil in mesečno izvajali meritve prej omenjenih toplogrednih plinov na različnih mestih v hlevu v povezavi z načinom namestitve živali (vezana reja, prosta reja z ležalnimi boksi, globoki nastilj, kompostni hlev, okolju prijazen hlev s propustnimi tlemi), sistemom reje (prehrana, mikro-klima, ...) in načinom kmetovanja (konvencionalni, ekološki).

Meritve koncentracij toplogrednih plinov na izbranih kmetijah bomo izvajali s pomočjo FTIR plinskega analizatorja za meritve okoliškega zraka, z možnostjo merjenja 25 plinov na različnih, v naprej določenih lokacijah znotraj hlevov. Lokacije meritev znotraj hlevov bodo v vseh hlevih enake, zaradi primerljivosti rezultatov. Opravili bomo tudi primerjalne meritve koncentracij toplogrednih plinov izven govedorejskih objektov. Hkrati s temi meritvami bomo izvedli tudi meritve parametrov mikro-klime hleva (temperature, vlage, pretoka zraka) na teh istih lokacijah.

Cilj raziskave je ugotoviti, kako različni sistemi uhlevitve krav molznic in načini odstranjevanja, skladiščenja in razvoza živalskih izločkov ter različni mikro-klimatski dejavniki (temperatura, vlaga, pretok zraka,...), vplivajo na koncentracije in emisije amonijaka ter drugih toplogrednih plinov v hlevih za krave molznice v Sloveniji. V izbor poskusnih kmetij smo iz tega razloga želeli vključiti kmetije z različnimi tipi/sistemi uhlevitev, ki so v uporabi na območju Slovenije.

Pričakujemo, da bo raziskava prispevala k boljšemu poznavanju stanja na področju emisij amonijaka in toplogrednih plinov na govedorejskih – v tržno prirejo mleka usmerjenih kmetijah v Sloveniji, v povezavi z različnimi sistemi namestitve živali, načinom reje in kmetovanja. Do sedaj v Sloveniji na kmetijah s tržno prirejo mleka še ni bilo opravljenih podobnih raziskav. Po nam znanih podatkih nobena do sedaj opravljena raziskava ni vključevala tako obsežne primerjave sistemov hlevov za krave molznice v povezavi z emisijami toplogrednih plinov.

### **4 ZAKLJUČKI**

Na osnovi poglobljenega študija literature vezano na problematiko emisij toplogrednih plinov in amonijaka na živinorejskih kmetijah, ugotavljamo, da ni dovolj le, da razumemo v kolikšni meri živinoreja prispeva k obremenjevanju okolja iz vidika emisij toplogrednih



plinov, ampak bo potrebno tudi v prakso prenesti učinkovite pristope, ki bodo zmanjšali emisije toplogrednih plinov iz naslova kmetijstva (Gerber in sod., 2010). Pri tem bo potrebno pod drobnogled vzeti celotno prehransko verigo pridelave oz. izdelave živila, od vil do vilic (Flysjö, 2012), saj v povprečju 93 % vseh emisij nastane že pred odvozom mleka iz kmetije (Gerber in sod., 2010).

## 5 LITERATURA

- Amer P. R., Hely F. S., Quinton C. D., Cromie A. R. 2018. A methodology framework for weighting genetic traits that impact greenhouse gas emissions intensities in selection indexes. *Animal*, 12:1, 5-11
- Amon B., Amon T., Boxberger J., Alt C. 2001. Emissions of NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O and CH<sub>4</sub> from dairy cows housed in a farmyard manure tying stall (house, manure storage, manure spreading). *Nutrient Cycl. Agroecosyst.*, 60:103-113
- Chagunda M. G. G., Römer D. A. M., Roberts D. J. 2009. Effect of genotype and feeding regime on enteric methane, non-milk nitrogen and performance of dairy cows during the winter feeding period. *Livest.Sci.*, 122:323-332
- Chianese D. S., Rotz C. A., Richard T. L. 2009a. Simulation of carbon dioxide emissions from dairy farms to assess greenhouse gas reduction strategies. *Transactions of the ASABE*, 52(4):1301-1312
- Chianese D. S., Rotz C. A., Richard T. L. 2009b. Whole-farm greenhouse gas emissions: A review with application to a Pennsylvania dairy farm. *Applied Eng. In Agric.*, 25(3):431-442
- Crosson P., Shalloo L., O'Brien G. J., Langhans P. A., Foley T. M., Boland D. A., Kenny A. 2011. A review of whole farm systems models of greenhouse gas emissions from beef and dairy cattle production systems. *Animal Feed Science and Technology*, 166-167:29-45
- De Haas Y., Windig J. J., Calus M. P. L., Dijkstra J., de Haan M., Bannink A., Veerkamp R. F. 2011. Genetic parameters for predicted methane production and potential for reducing enteric emissions through genomic selection. *Journal of Dairy Science*, 94:6122-6134
- Dutreuil M., Wattiaux M., Hardie C. A., Cabrera V. E. 2014. Feeding strategies and manure management for cost-effective mitigation of greenhouse gas emissions from dairy farms in Wisconsin. *Journal of Dairy Science*, 97, 9:5904-5917
- Edouard N., Charpiot A., Hassouna M., Faverdin P., Robin P., Dolle J. B. 2012. Ammonia and greenhouse gas emissions from dairy cattle buildings: slurry vs. Farmyard manure management systems. *International Symposium on Emission of Gas and Dust from Livestock (EMILI 2012)*, Saint-Malo, France
- FAO. 2020. Emissions due to agriculture. Global, regional and country trends 2000-2018. *FAOSTAT Analytical Brief Series No 18*. Rome
- Flysjö A. 2012. Greenhouse gas emissions in milk and dairy product chains. Improving the carbon footprint of dairy products. PhD Thesis. Department of Agroecology, Science and Technology, Aarhus University, AU Foulum, ISBN: 978-87-92869-25-8
- Gerber P., Vellinga T., Opio C, Henderson B., Steinfeld H. 2010. Greenhouse Gas Emissions from the Dairy Sector - A Life Cycle Assessment. *FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Animal Production and Health Division, Rome, Italy.*
- Glač S. 2021. Načini reje in sistemi molže na kmetijah, v kontroli prirje mleka v Sloveniji. *Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije. Kmetijsko gozdarski zavod Novo mesto*, 3 str.

- Harper L. A. 2005. Ammonia: Measurement issues. *Micrometeorological Measurements in Agricultural Systems*, 47:345-379
- IPCC. 2007. Intergovernmental Panel for Climate Change Fourth Assessment Report: Climate Change 2007.
- Joo H. S., Ndegwa P. M., Heber A. J., Ni J. Q., Bogan B. W., Ramirez-Dorransoro J. C., Cortus E. 2015. Greenhouse gas emissions from naturally ventilated freestall dairy barns. *Atmos. Environ.*, 102:384-392
- Knapp J. R., Laur G. L., Vadas P. A., Weiss W. P., Tricarico J. M. 2014. Invited review: enteric methane in dairy cattle production: quantifying the opportunities and impact of reducing emissions. *J. Dairy Sci.* 97, 6:3231-3261
- Monteny G. J., Bannink A., Chadwick D. 2006. Greenhouse gas abatement strategies for animal husbandry. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 112:163-170
- Ngwabie N., Jeppsson K., Nimmermark S., Swensson C., Gustafsson G. 2009. Multi-location measurements of greenhouse gases and emission rates of methane and ammonia from a naturally-ventilated barn for dairy cows. *Biosyst. Eng.*, 103 (1):68-77
- Ogink N. W., Mosquera J., Calvet S., Zhang G. 2013. Methods for measuring gas emissions from naturally ventilated livestock buildings: Developments over the last decade and perspectives for improvement. *Biosystems Engineering*, 116:297-308
- Olivier J. G. J. in Peters J. A. H. W. 2020. Trends in global CO<sub>2</sub> and total greenhouse gas emissions: 2019 Report. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, The Hague.
- Patra A. K. 2013. The effect of dietary fats on methane emissions, and its other effects on digestibility, rumen fermentation and lactation performance in cattle: A meta-analysis. *Livestock Science*, 155, 2–3:244-254
- Poteko J., Zähler M., Schrade S. 2019. Effects of housing system, floor type and temperature on ammonia and methane emissions from dairy farming: A meta-analysis. *Biosyst. Eng.*, 182:13-28
- Pryce J. E., Bell M. J. 2017. The impact of genetic selection on greenhouse-gas emissions in Australian dairy cattle. *Animal Production Science*, 57:1451-1456
- Roque B. M., Joan K. Salwen, Rob Kinley, Ermias Kebreab. 2019. Inclusion of *Asparagopsis armata* in lactating dairy cows' diet reduces enteric methane emission by over 50 percent. *Journal of Cleaner Production*, 234: 132-138
- Ross S. A., Chagunda M. G. G., Topp C. F. E., Ennos R. 2014. Effect of cattle genotype and feeding regime on greenhouse gas emissions intensity in high producing dairy cows. *Livestock Science*, 170:158-171
- Rotz A. 2018. Modelling greenhouse gas emissions from dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 101, 7:6675-6690
- Rotz A., Richard T. L. 2007. Greenhouse Gas Emissions from Dairy Farms: An American Society of Agricultural and Biological Engineers (ASABE) Meeting Presentation. ASABE paper No. 074096.
- Routledge K., Costa H., Sprout E., Teng S., McDaniel M., Boudreau D., Ramroop T., Hunt J., Hall H. 2018. *The Greenhouse Effect and our Planet*. National Geographic Society.
- Sanchis E., Calvet S., del Prado A., Estellés F. 2019. A meta-analysis of environmental factor effects on ammonia emissions from dairy cattle houses. *Biosyst. Eng.*, 178:176-183
- Steffen W., Crutzen P. J., McNeill J. 2007. The Anthropocene: are humans now overwhelming the great forces of Nature? *Ambio*, 36:614-621

- Steinfeld H., Gerber P., Wassenaar T., Castel V., Rosales M., de Haan C. 2006. Livestock's long shadow: environmental issues and options. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome, Italy
- Thoma G. J., Popp J. S., Nutter D. W., Shonnard D. R., Ulrich R., Matlock M. D., Kim D., Neiderman Z., Kemper N., East C., Adom F. 2013. Greenhouse gas emissions from milk production and consumption in the United States: A cradle-to-grave life cycle assessment circa 2008. *Int. Dairy J.*, 31:S3–S14
- Thompson C. 2019. How the 19<sup>th</sup> Century Scientists Predicted Global Warming. *JSTOR Daily*.
- van Wyngaard J. D. V., Meeske R., Erasmus L. J. 2018. Effect of concentrate level on enteric methane emissions, production performance, and rumen fermentation of Jersey cows grazing kikuyu-dominant pasture during summer. *Journal of Dairy Science*, 101, 11:9954-9966
- Weiss. 2021. Ammonia Emissions from Dairy Farms – The Basics. The Ohio State University. Ohio Dairy Industry Resources Center. *Buckeye Dairy News*, Volume 7, Issue 2.