

GOSPODARJENJE NA TRAVINJU ZA OGLJIK IN UČINKOVITA RABA DUŠIKA IZ GNOJEVKE

Branko Kramberger
Miran Podvršnik





Univerza v Mariboru

Fakulteta za kmetijstvo
in biosistemske vede

Gospodarjenje na travinju za ogljik in učinkovita raba dušika iz gnojevke

Avtorja

Branko Kramberger

Miran Podvršnik

Julij 2021

Naslov <i>Title</i>	Gospodarjenje na travinju za ogljik in učinkovita raba dušika iz gnojevke <i>Grassland Management for Carbon and Efficient Use of Nitrogen from Slurry</i>
Avtorja <i>Authors</i>	Branko Kramberger (Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede) Miran Podvršnik (Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede)
Recenzija <i>Review</i>	Janja Kristl (Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede) Jože Verbič (Kmetijski inštitut Slovenije)
Lektoriranje <i>Language editing</i>	Vlasta Praprotnik
Tehnični urednik <i>Technical editor</i>	Jan Perša (Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba)
Oblikovanje ovitka <i>Cover designer</i>	Jan Perša (Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba)
Grafika na ovitku <i>Cover graphics</i>	Foto: Kristina Gornik Kramberger, Branko Kramberger, Primož Kopač, Miran Podvršnik in Janko Verbič
Grafične priloge <i>Graphics material</i>	Kristina Gornik Kramberger, Branko Kramberger, Primož Kopač, Miran Podvršnik, Matjaž Sagadin in Janko Verbič. Ločne strani 2, 6, 41, 80, 104, 115 in 116 avtor Branko Kramberger. Ločna stran 55 avtor Miran Podvršnik.
Založnik <i>Published by</i>	Univerza v Mariboru Univerzitetna založba Slomškov trg 15, 2000 Maribor, Slovenija https://press.um.si , zalozba@um.si
Izdajatelj <i>Co-published by</i>	Univerza v Mariboru Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede Pivola 10, 2311 Hoče, Slovenija https://www.fkbv.um.si , fkbv@um.si
Izdaja <i>Edition</i>	Prva izdaja
Vrsta publikacija <i>Publication type</i>	E-knjiga
Dostopno na <i>Available at</i>	https://press.um.si/index.php/ump/catalog/book/587
Izdano <i>Published</i>	Maribor, julij 2021



© Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba

/ University of Maribor, University Press

Besedilo/ Text © Kramberger in Podvršnik, 2021

To delo je objavljeno pod licenco Creative Commons Priznanje avtorstva 4.0 Mednarodna.

/ *This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License.*

Uporabnikom je dovoljeno tako nekomercialno kot tudi komercialno reproduciranje, distribuiranje, dajanje v najem, javna priobčitev in predelava avtorskega dela, pod pogojem, da navedejo avtorja izvirnega dela.

Vsa gradiva tretjih oseb v tej knjigi so objavljena pod licenco Creative Commons, razen če to ni navedeno drugače. Če želite ponovno uporabiti gradivo tretjih oseb, ki ni zajeto v licenci Creative Commons, boste morali pridobiti dovoljenje neposredno od imetnika avtorskih pravic.

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Delo je nastalo v okviru CRP projekta Zmanjšanja sušnega stresa in povečanja rodovitnosti tal z uvajanjem ohranitvene (konzervacijske) obdelave tal v trajnostno poljedelstvo (Številka projekta V4-1815). Projekt sofinancirata Javna agencija za raziskovalno dejavnost republike Slovenije in Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano Republike Slovenije.

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Univerzitetna knjižnica Maribor

633.2.03:546.26/.27:631.862

KRAMBERGER, Branko

Gospodarjenje na travinju za ogljik in učinkovita raba dušika iz gnojevk [Elektronski vir] / avtorja Branko Kramberger, Miran Podvršnik. - 1 izd. - E-knjiga. - Maribor : Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba, 2021

Način dostopa (URL): <https://press.um.si/index.php/ump/catalog/book/587>

ISBN 978-961-286-500-9 (PDF)

doi: 10.18690/978-961-286-500-9

COBISS.SI-ID 71282691

ISBN 978-961-286-500-9 (pdf)
978-961-286-501-6 (trda vezava)

DOI <https://doi.org/10.18690/978-961-286-500-9>

Cena
Price Brezplačni izvod

Odgovorna oseba založnika prof. dr. Zdravko Kacič,
For publisher rektor Univerze v Mariboru

Citiranje Kramberger, B. in Podvršnik, M. (2021). *Gospodarjenje na*
Attribution travinju za ogljik in učinkovita raba dušika iz gnojevke. Maribor:
Univerzitetna založba. doi: 10.18690/978-961-286-500-9

Kazalo

1	Uvod	1
2	Ogljik v organski snovi travniških tal	3
3	Ohranjanje in povečevanje organskega ogljika v tleh	7
3.1	Gnojenje	7
3.1.1	Krogotok rastlinskih hranil	10
3.1.2	Gnojevka	11
3.1.2.1	Rastlinska hranila v gnojevki	13
3.1.2.2	Izhlapevanje amonijaka	17
3.1.2.3	Izpiranje amonijskega in nitratnega duška v podtalje	23
3.1.3	Izhlapevanje duška v atmosfero	27
3.2	Obnova ruše	30
3.2.1	Obnova ruše z vsejavanjem in dosejavanjem	31
3.2.2	Samozasejavanje	37
3.3	Rastline ruše	38
3.3.1	Metuljnice (Fabaceae Lindl.)	40
3.3.1.1	Za krmo pomembnejše večletne metuljnice (povzeto in dopolnjeno po Kramberger, 1995)	43
	Lucerna (<i>Medicago sativa</i> L.)	43
	Črna detelja (<i>Trifolium pratense</i> L.)	45
	Švedska detelja (<i>Trifolium hybridum</i> L.)	47
	Bela (plazeča) detelja (<i>Trifolium repens</i> L.)	49
	Navadna (rožičkasta) nokota (<i>Lotus corniculatus</i> L.)	51
	Navadna turška detelja (esparzeta) (<i>Onobrychis viciifolia</i> Scop.)	53
3.3.2	Trave (Poaceae L.)	54
3.3.2.1	Za krmo pomembnejše večletne trave (povzeto in dopolnjeno po Kramberger, 1995)	57
	Bela (orjaška) šopulja (<i>Agrostis alba</i> L. (<i>gigantea</i> Roth.))	57
	Travniški lisičji rep (<i>Alopecurus pratensis</i> L.)	59
	Visoka pahovka (<i>Arrhenatherum elatius</i> L.)	61
	Navadna pasja trava (<i>Dactylis glomerata</i> L.)	63
	Trstikasta bilnica (<i>Festuca arundinacea</i> Schreb.)	65
	Travniška bilnica (<i>Festuca pratensis</i> Huds.)	67
	Rdeča bilnica (<i>Festuca rubra</i> L.)	69

Mnogocvetna ljuljka (<i>Lolium multiflorum</i> Lam.)	71
Trpežna (angleška) ljuljka (<i>Lolium perenne</i> L.)	73
Travniški mačji rep (<i>Phleum pratense</i> L.)	75
Travniška latovka (<i>Poa pratensis</i> L.)	77
Rumenkasti (zlati) ovsenec (<i>Trisetum flavescens</i> P. Beauv.)	79
3.3.3 Druge zelnate rastline (zeli).....	81
3.3.3.1 Nekatere za krmo pomembnejše druge zelnate rastline (zeli)	83
Navadni potrošnik (<i>Cichorium intybus</i> L.).....	83
Navadni regrat (<i>Taraxacum officinale</i> Weber in Wiggers)	85
Navadni rman (<i>Achillea millefolium</i> L.).....	87
Ozkolistni trpotec (<i>Plantago lanceolata</i> L.)	89
3.4 Raba travinja	90
3.4.1 Vpliv pogostnosti košnje ali paše na trpežnost rastlin (povzeto in dopolnjeno po Kramberger, 1995).....	92
3.4.2 Vpliv višine rezi pri košnji in končne višine rastlin po paši na trpežnost rastlin.....	97
3.4.2.2 Paša.....	98
4 Zaključek.....	103
Literatura	105

1 Uvod

Travinje oziroma površine, ki jih pokriva travna ruša, ima v današnjem času vedno bolj poudarjano večnamensko vlogo v prostoru. Izmed funkcij, zaradi katerih ima dandanes travinje vse večji pomen, lahko izpostavimo okoljevarstvene, športno-rekreativne in sprostitvene, turistične, biodiverzitetne in seveda proizvodne funkcije, med katerimi je še vedno najpomembnejša pridelava voluminozne krme za rejne živali (Kramberger in Podvršnik, 2021). Za trajnostno in gospodarsko učinkovito živinorejo moramo na kmetijah pridelati dovolj krme, ki je živalim in rejskim ciljem primerne kakovosti. Obenem nas podnebne spremembe obvezujejo, da poiščemo vse možnosti, ki zmanjšujejo negativne vplive človekove dejavnosti in posledično zmanjšujejo koncentracije toplogrednih plinov v ozračju. Pri gospodarjenju na travinju in s tem povezano živinorejo je vsekakor osnovni cilj zmanjševanje izpustov vseh toplogrednih plinov. V knjigi posebej izpostavljamo ogljikov dioksid (CO_2), čeprav kmetijstvo na splošno ni dejavnost, ki bi obremenjevala atmosfero z neto emisijami CO_2 (Verbič, 2015). Splošno je namreč znano, da ga pri pridelavi rastlin, torej tudi na travinju, kmetijstvo sicer izloča v ozračje, vendar ima tvorba organske snovi (rast rastlin) tudi velik potencial njegove vezave. Ta je lahko samo začasna, vendar lahko ogljik (C) vezemo tudi v trajnejše oblike organske snovi v tleh. Povečevanje količin trajnejših oblik organske snovi v tleh dolgoročno pomeni manj CO_2 v ozračju in posledično manjši toplogredni učinek atmosfere (Kramberger in Podvršnik, 2019).



2 Ogljik v organski snovi travniških tal

V vrhnjih slojih tal je C večinoma sestavni del organske snovi. Po ocenah ga je na planetu do globine 1 m približno 1 500 milijard ton, to je več, kot ga je v rastlinju (500 milijard ton) in atmosferi (800 milijard ton) skupaj (FAO, 2017). V tleh ga v organski snovi srečamo v živih organizmih in v odmrli organski snovi. Nova odmrla organska snov (ostanki rastlin in njihovi izločki, živalska gnojila ...) je v tleh hitro podvržena mineralizaciji. Na proces vplivajo številni dejavniki, kot so: temperatura, vlažnost, pH, razmerje C: N (razmerje med ogljikom in dušikom v organski snovi) ... Proces je precej raznolik in dokaj zapleten. Talni mikroorganizmi lahko razmeroma hitro razgradijo predvsem enostavnejše organske spojine, ali pa se te spojine vgradijo v kompleksnejše spojine. Pri popolni ali delni mineralizaciji se v tla sprostijo rastlinska hranila, ki so bila v organski snovi, na primer dušik (N). V ozračje se sprosti tudi veliko ogljika (C) kot CO₂ ali kot metan (CH₄). Vodotopne spojine, ki so se iz organske snovi izločile v procesu mineralizacije, se pojavijo tudi v podzemnih vodah. Kompleksnejše organske spojine so podvržene dolgotrajnejši razgradnji preko tvorbe različnih spojin. Nekatere od teh, često povezane med talne delce, imamo za trajnejše, saj se razgrajujejo stoletja ali celo tisočletja in jih imenujemo humus (Brady in Weil, 2002). Trajnejše oblike organske snovi tal so izjemnega pomena za rodovitnost tal, po drugi strani pa, kot je omenjeno, pomenijo

trajnejšo vezavo C v tleh. Več v organski snovi tal vezanega C pomeni manj C v njegovem krogotoku, ki vključuje tudi CO₂ v atmosferi. S tem posledično dosežemo manjši toplogredni učinek. Na travinju bi zato morali gospodariti tako, da bi ohranjali ali celo povečevali vsebnost trajnejše organske snovi v tleh (Pol-van Dasselaar in sod., 2018). Priložnosti za to je kar nekaj, obenem se moramo zavedati, da globalno segrevanje, ki se v 21. stoletju ocenjuje za od +1,1 do + 6,4 °C (ob spreminjanju padavin), lahko na nekaterih območjih močno poveča sproščanje CO₂ iz tal zaradi povečane mineralizacije organske snovi (Brevik, 2013). Torej se bomo verjetno srečevali z manjšanjem zalog C v tleh in povečevanjem CO₂ v atmosferi. To lahko pomeni dodatno segrevanje planeta. Neželeni proces se lahko stopnjuje, kar je razlog več, da z vsemi mogočimi ukrepi poskušamo v talni organski snovi trajneje vezati čim več C (Kramberger in Podvršnik, 2021).

Po klasifikaciji FAO (FAO, 2019) prekriva travinje v svetovnem merilu približno 35 milijonov km². To predstavlja 26 % kopnega in 70 % vseh kmetijskih površin. V Sloveniji imamo približno 2750 km² travinja, kar je skoraj 13 % površine Slovenije in približno 60 % kmetijskih površin (StatWeb, 2016). Vsebnost C v trajnejši organski snovi tal je med 55 in 60 % (FAO, 2017). V Sloveniji je velik razpon v vsebnostih organske snovi v tleh trajnega travinja. V povsem vrhnjem sloju 0 do 6 cm, kjer je organske snovi največ, je lahko organske snovi od manj kot 1,5 % do nad 15 %, s tem da največ naših travniški tal vsebuje v tem sloju približno 6 % organske snovi (Sušin in sod., 2009); nekaj več kot polovica tega je organski C. Če pogledamo nekoliko širše v Evropo, Brogniez in sod. (2015) navajajo, da je pričakovana vsebnost organskega C v tleh do globine 20 cm v nekaterih tipih tal tudi do 20 in več %. Vendar lahko v pogojih zmernega klimatskega območja osrednje in zahodne Evrope večinoma govorimo o vrednostih med 1,5 in 5 %, pogosto tudi nekoliko manj ali več, odvisno od številnih dejavnikov tal, podnebja in rabe, ki vplivajo na vsebnost trajnejših oblik organske snovi v tleh.

Različnost v vsebnostih in možnosti vplivanja ponujajo pričakovanje, da je mogoče z gospodarjenjem povečati vsebnost trajnejše organske snovi v tleh in s tem za daljše obdobje v tleh vezati večje količine C. S tem bi zmanjšali vsebnost CO₂ v atmosferi in bistveno zmanjšali učinek tople grede ter posledično pojavnost podnebnih sprememb (Kramberger in Podvršnik, 2019). Vendar je potrebno upoštevati tudi dejstvo, da se ob dolgoletnih dokaj stabilnih dejavnikih okolja in nespreminjajočem se načinu oskrbe in rabe ustvari nekakšno ravnovesje med vnosom organske snovi v tla in njeno mineralizacijo. To pomeni sčasoma dokaj stabilno vsebnost organske

snovi (Rees in sod., 2005). Šele ko je kapaciteta tal za vsebnost trajnejše organske snovi zapolnjena, lahko sprememba v dejavnikih tal, podnebja in rabe vodijo do nove težnje po ustvarjanju novega ravnovesja in s tem po spremembi v vsebnosti trajnejše organske snovi (Kramberger, 2017). Sprememba v vsebnosti lahko pomeni povečevanje vsebnosti trajnejše organske snovi v tleh in s tem povečevanje količin organsko vezanega C. Lahko pa je proces tudi obraten in je organska snov tal zaradi povečane mineralizacije vir povečanih emisij CO₂ ali CH₄ v atmosfero. Tega si v današnjem času segrevanja planeta nikakor ne želimo (Kramberger in Podvršnik, 2019).

Pospešeno segrevanje planeta kot posledica povečanih emisij toplogrednih plinov nam nalaga sprejemanje ukrepov za povečano vezavo C tudi v travniških tleh. Vendar ukrepi, ki vodijo do povečane vezave C, ne bi smeli povečevati emisij drugih toplogrednih plinov. V našem primeru je potrebno veliko pozornosti nameniti tudi N in predvsem uporabi dušikovih gnojil, saj lahko iz krogotoka poleg amonijaka (NH₃) izhajajo v atmosfero tudi didušikovi oksidi. Didušikov oksid je kot toplogredni plin v učinku na toplo gredo približno 300-krat učinkovitejši kot CO₂, vendar je v atmosferi obstojen samo nekaj več kot 100 let (EPA, 2016). To je sicer veliko, a v primerjavi z CO₂, ki ostaja v krogotoku, vključujoč atmosfero, tisoče let, vseeno zelo malo. Prav slednje nas obvezuje, da skušamo čim več C vezati v trajnejše oblike organske snovi, sicer se bo planet, ko bo še bolj segret, ohlajal zelo počasi in to tisočletja (Kramberger in Podvršnik, 2019).



3 Ohranjanje in povečevanje organskega ogljika v tleh

Na ohranjanje in povečevanje količin organskega C v tleh lahko z gospodarjenjem na travinju vplivamo na več načinov:

- z rastlinskimi hranili, ki so v krogotoku hranil, je ob čim manjših emisijah toplogrednih plinov in ob optimalni izvedbi agrotehničnih ukrepov potrebno pridelati čim več nove organske snovi;
- z novo organsko snovjo (ostanki rastlin na travinju, živinska gnojila) je potrebno povečevanje vsebnosti trajnejših oblik organske snovi v tleh;
- izogibati se moramo ukrepom, ki bi vodili do zmanjševanja trajnejše organske snovi v tleh.

3.1 Gnojenje

V številnih raziskavah je ugotovljeno, da je v tleh gnojenega travinja več organske snovi in s tem več organsko vezanega C kot v tleh malo gnojenega travinja. To pomeni, da lahko s povečanim gnojenjem in posledično intenzivnostjo rabe povečujemo vsebnost organskega C v tleh (Conant in sod., 2001, 2017). Vendar lahko obilje hranil v tleh preko velikega pridelka biomase vpliva na konkurenčne

odnose med rastlinami, še posebej na konkurenčnost za svetlobo (Borer in sod., 2014). To lahko vodi do zmanjšanja biotske raznolikosti, obilje hranil v tleh pa lahko vodi do povečanih neželenih izgub hranil iz sistema in posledično do prekomernega obremenjevanja okolja.

Da ne bo nepotrebnega obremenjevanja okolja, mora biti gnojenje usklajeno s strokovno sprejemljivimi normativi. V Sloveniji imamo gnojilne normative (po Mihelič in sod., 2010) za gnojenje različnih načinov rabe ruše in različnih pogostnosti košnje ali paše že leta znanstveno – strokovno zelo dobro urejene (Kramberger in Podvršnik, 2021):

- *Dvokosno travinje*. Za dvokosno travinje in morebitno jesensko pašo je priporočeno gnojenje brez N ali z njim (do skupno 100 kg ha⁻¹ v dveh obrokih) in 50 do 70 kg P₂O₅ ter 100 do 160 kg K₂O. S tem pridelamo letno povprečno 6 do 8 t posušene krme. Na ta način rabe ruše lahko pridelamo visoko prebavljivo krmo za živali na višjih nadmorskih višinah, kjer je čas prve košnje sredi junija in druge sredi avgusta. V nižinah je ob tem načinu rabe prebavljivost krme prve košnje zelo nizka.
- *Trikosna raba ruše*. Najprimernejša je za nadmorske višine, kjer visoko prebavljivost in velik pridelek krme dosežemo s prvo košnjo ob koncu maja, druga košnja sledi v juliju in tretja v začetku septembra. Ta način rabe lahko uporabljamo tudi v nižinah, če pridelana kakovost krme zadovoljuje potrebe naše reje živali. Trikosno rabo lahko izvajamo brez gnojenja z N. V tem primeru lahko pričakujemo pridelek približno 7 ton posušene krme letno, če je dovolj padavin. Če dodajamo tudi N-gnojila (do 50 kg ha⁻¹ vsaki košnji), se lahko pridelki povečajo tudi do 9 t ha⁻¹ letno. Za te pridelke je potrebno letno dodati tudi 60 do 80 kg P₂O₅ ha⁻¹ in 120 do 200 kg K₂O ha⁻¹.
- *Štirikosna raba ruše*. Prvo košnjo izvedemo v prvi polovici maja, druga košnja je ob koncu junija, tretja sredi avgusta in četrta v začetku oktobra. Ob uporabi 40 do 50 kg N ha⁻¹ vsaki košnji bomo letno pridelali 10 do 11 ton posušene krme. Način rabe je najbolj primeren za nižine. Z gnojenjem moramo dodati še približno 100 kg P₂O₅ in 140 do 240 kg K₂O. Na zelo rodovitnih tleh z rušo, v kateri je veliko gospodarsko najpomembnejših trav, lahko posamezne obroke N zvišamo tudi za do 20 kg ha⁻¹.

- *Pašna in pašno kosna raba.* 'Intenzivna' pašna raba, ki jo spremlja tudi dodajanje N-gnojil, letno ob 100 kg P_2O_5 in do 240 kg K_2O na ugodnih rastiščih daje prav tako čez 10 ton pridelka, preračunanega v sušino ha^{-1} letno. V izračunu potreb po gnojenju moramo upoštevati tudi izločke živali na pašniku. Pri šestmesečni paši je to približno 30 kg učinkovitega N, 15 kg P_2O_5 in 50 kg K_2O od ene glave velike živine (GVŽ).

Večanje števila košenj ali intenzivnosti paše bo ob povečevanju z gnojenjem dodanih hranil na rodovitnih tleh še povečalo skupni pridelek krme, vendar se bo slabšala trpežnost najproduktivnejših rastlin in večala potreba po obnovi ruše. Bolj kot bomo povečevali število košenj ob dodajanju N-gnojil, manj lahko v ruši pričakujemo simbiotske vezave N z metuljnicami. Za učinkovito porabo hranil je v praksi potrebno priporočene normative natančno upoštevati ob vseh drugih priporočilih, ki zadevajo analize tal, uravnavanje reakcije tal in strokovna priporočila za aplikacijo gnojil. S hranili primerno oskrbljeno travinje bo učinkovito v pridelavi nove organske snovi. To se dolgoročno odraža tudi v količini C v organski snovi v tleh (Kramberger in Podvršnik, 2021).

Pri gnojenju je zaradi specifik tega hranila vsekakor potrebno veliko pozornosti nameniti gnojenju z N in uporabi živinskih gnojil, predvsem gnojevke.

Kramberger in Podvršnik (2019, 2021) po mnogih avtorjih (npr. Amman in sod., 2007, Amman in sod., 2009, He in sod., 2013) povzemata, da gnojenje z N-gnojili nedvomno vodi do večjih pridelkov biomase rastlin in posledično tudi povečane vezave C v organsko snov tal. To ugotavljajo tudi Soussana in sod. (2004). Vendar slednji navajajo, da pretirano dodajanje N, ki je povezano z veliko frekvenco rabe in zelo prebavljivim pridelkom, sicer povečuje pridelek biomase rastlin, vendar obenem pomeni to tudi povečano razgradnjo organske snovi v tleh. To bi posledično lahko vodilo celo do zmanjšanja količin organsko vezanega C v tleh.

Čop in Eller (2019) ugotavljata, da visoki odmerki N pri gnojenju biotsko raznolike ruše zmanjšajo pestrost rastlinske sestave. Poleg tega pretirano gnojenje z N samo še slabša izkoristljivost tega dodanega hranila za rast rastlin, ki je tako ali tako večinoma le do 65 %, a to le, če smo dosledni pri upoštevanju strokovnih priporočil za aplikacijo. V primeru neupoštevanja strokovnih priporočil je izkoristljivost N lahko precej nižja (Sartor in sod., 2011, Murpy in sod., 2013). Dokajšen del

preostalega (neizkoriščenega) N je vir obremenjevanja okolja, bodisi podtalnih voda (predvsem NO_3^-) bodisi atmosfere (NH_4^+ , didušikov oksid).

V Sloveniji se gospodarjenje z N iz leta v leto izboljšuje. Če smo v obdobju 1992–2003 s kmetijskih zemljišč s pridelki v povprečju odnesli 52 % vnesenega dušika, smo v obdobju 2004–2017 ta delež povečali na 66 %, v posameznih letih pa tudi presegli 70 % (Verbič, 2019). Seveda lahko napravimo še več. Pri živinskih gnojilih se že iz hlevov in pri skladiščenju teh gnojil izgubi v zrak skoraj 20 % vsega N, ki ga izločijo rejne živali. Več kot 20 % N, ki smo ga v gnojilih uspeli zadržati, se izgubi pri gnojenju (Verbič in sod. 2017). Za čim višjo izkoristljivost pri pridelovanju krme na travinju želimo doseči čim bolj zaključen krogotok vseh rastlinskih hranil, kjer med izhodi hranil iz krogotoka prevladujejo hranila, ki so v živalskih produktih (meso, mleko ...). Nekoristnih izhodov hranil, ki pomenijo obremenjevanje okolja, pa si želimo čim manj (Kramberger in Podvršnik, 2021).

3.1.1 Krogotok rastlinskih hranil

V Grafikonu 1 je izpostavljenih pet ključnih delov krogotoka rastlinskih hranil na živinorejski kmetiji, in sicer: rastline, konzervirana krma, živali, skladiščenje gnojil in tla, čeprav se na pašniku srečamo le s tremi (rastline, živali in tla). Konzervirana krma in skladiščenje gnojil sta v krogotok vključena predvsem pri reji živali v hlevu.



Modre puščice prikazujejo zeleno pot rastlinskih hranil. Zelene puščice kažejo nadzorovane izhode hranil iz krogotoka, ki prinašajo dohodek na kmetiji. Rumene puščice prikazujejo najpomembnejše inpute rastlinskih hranil v krogotok. Rdeče puščice kažejo najbolj pomembne negospodarne in za okolje večinoma obremenjujoče izgube hranil (predvsem N) iz krogotoka. Podrobnejši komentar je v podpoglavjih poglavja 3.1.

Grafikon 1: Krogotok rastlinskih hranil na živinorejski kmetiji

Krogotok temelji na uporabi živinskih gnojil (hlevski gnoj, gnojevka, gnojnica, izločki na pašniku). Za čim večji pridelek biomase in s tem vezavo ogljika v organsko snov morajo biti izgube N iz teh gnojil v krogotoku čim manjše. Po podatkih izpred nekaj let (Babnik in Verbič, 2007) je imela približno tretjina slovenskih govedorejskih kmetij hlevski gnoj in gnojnico. Na preostalih dveh tretjinah je prevladovala gnojevka, s tem da jih je imela večina tudi nekaj hlevskega gnoja. Pri gospodarjenju na travinju nastane precejšen izgub N iz krogotoka pri uporabi gnojevke in gnojnice. Zato več o tem v nadaljevanju.

3.1.2 Gnojevka

Gnojevka je mešanica izločkov domačih živali (blato in seč) z večjim ali manjšim dodatkom vode in ostankov krme. V nekaterih primerih se v gnojevki pojavi tudi manjši delež stelje. Z gnojevko kot živinskim gnojilom se srečamo na živinorejskih kmetijah, kjer specifična gradnja hleva omogoča hlevsko rejo živali brez uporabe stelje. Npr.: živali izločajo blato in seč na kovinske ali betonske rešetke, skozi katere padajo izločki živali v pretočne kanale, od koder odtečejo v zbiralnik gnojevke ali pa je zbiralnik gnojevke v celoti pod rešetskami v hlevu. Drugi primer take reje so posebna pehala, ki izločke živali s trdne podlage sproti odstranjujejo v zbiralnik za gnojevko. Zbiralnike za gnojevko imenujemo tudi jame za gnojevko, zalogovnike ali lagune.

Zbiralnik gnojevke mora biti vodotesen, da je preprečeno izlivanje, izpiranje ali odtekanje gnojevke v površinske ali podzemne vode ali v okolje. To zapoveduje Uredba o varstvu voda pred onesnaževanjem z nitrati iz kmetijskih virov (2009, 2013, 2015, 2017). Po tej uredbi so navedene tudi najmanjše potrebne zmogljivosti zbiralnikov za šestmesečno skladiščenje živinske gnojevke na kmetiji (Preglednica 1).

Preglednica 1: Najmanjše potrebne zmogljivosti zbiralnikov za gnojevko (v m³ žival⁻¹)

Govedo	Potrebna zmogljivost	Prašiči	Potrebna zmogljivost
Teleta do 6 mesecev	1,3	Tekači do 30 kg	0,30
Mlado govedo od 6 mesecev do 1 leta	3,4	Prašiči pitanci od 30 do 110 kg	0,69
Mlado govedo od enega do dveh let	5,8	Plemenski prašiči od 30 do 110 kg	0,69
Pitovno govedo nad dve leti	7,1	Prašiči pitanci od 30 do 150 kg	0,89
Plemenske telice nad dve leti	7,7	Plemenski merjasci	2,55
Plemenski biki nad dve leti	7,1	Breje mladice	2,55
Krave molznice	11,8	Plemenske svinje	2,55
Krave dojilje	11,3		

Vir: Uredba (2009)

Količine živinske gnojevke na kmetiji so odvisne od mnogih dejavnikov. Mihelič in sod. (2010), povzeto po Schechtner in sod. (1991), navajajo za krave mlekarice količino 15 t GVŽ⁻¹ letno in za pitovno govedo 12 t GVŽ⁻¹ letno. Pri prašičih navajajo 4 t svinjo⁻¹ s pujski letno in za prašiče pitance 0,55 t pitanca⁻¹ pri suhem krmljenju z žiti v obdobju 120 dni. Vse te vrednosti so brez dodatka vode, torej za gnojevko z 10 % suhe snovi. Pri prašičih pitanih z 'mokro' krmo (poseben način krmljenja), navajajo Mihelič in sod. (2010) 0,7 tone gnojevke na pitanca v obdobju 105 dni pitanja, s tem da ta gnojevka vsebuje 5 % suhe snovi.

Ko govorimo o goveji gnojevki na splošno, pravimo, da gnojevka brez dodatka vode vsebuje 10 % suhe snovi. Vendar ta odstotek predstavlja le grobo povprečje, tako kot to velja tudi za količine pridobljene gnojevke na žival. Dejanska vsebnost suhe snovi v gnojevki je namreč odvisna od vrste in kategorije živali, vrste krme, vsebnosti vode v krmi in drugih dejavnikov. Zato v nekaterih virih zasledimo tudi nekoliko drugačne vsebnosti suhe snovi v z vodo nerazredčeni goveji gnojevki, npr. 9,6 % (Finch in sod., 2002) ali 10,5 % (Galler, 1989).

Ker se že na poti od živali do zbiralnika in v času skladiščenja doda v gnojevko tudi nekaj vode (pranje in čiščenje hleva, molzišča ...), živinska gnojevka že brez dodatnega dodajanja vode pred uporabo pogosto ne vsebuje 10 % suhe snovi, ampak lahko tudi precej manj. Babnik in sod. (2006) na osnovi 74 zbranih vzorcev gnojevke, odvzetih iz zbiralnikov za gnojevko, navajajo povprečno 8,4 % vsebnost suhe snovi (od 3 do 13,2 %) v goveji gnojevki v Sloveniji. Čop in Leskošek (1983)

sta odvzela 44 vzorcev gnojevke na različnih kmetijskih obratih na Gorenjskem, v Savinjski dolini, okolici Ptuja in okolici Murske Sobote. Povprečna vsebnost suhe snovi v gnojevkah je v njuni raziskavi znašala le 6,9 %.

3.1.2.1 Rastlinska hranila v gnojevki

Vsebnost rastlinskih hranil v živinski gnojevki je odvisna od mnogih dejavnikov. Če odmislimo razlike v vsebnosti vode oziroma sušine, ki so nastale zaradi različnega skladiščenja in dodajanja vode, je v prvi vrsti potrebno izpostaviti vrsto in kategorijo živali, intenzivnost reje, obenem ne smemo pozabiti tudi na vsebnost hranil v krmi, ki jo živali zaužijejo. Že Leskošek (1993) navaja, da porabi žival le malo rastlinskih hranil, ki jih zaužije, za svojo rast in proizvodnjo (npr. mleka). Večji del (do 80 in celo več % N, nekaj manj P in do 90 % in celo več K (Verbič in sod., 2017)) se pojavi v izločkih živali. Posledično krmni obrok močno vpliva na vsebnost hranil v gnojevki pri isti vrsti in kategoriji živali. Ker se intenzivnost pridelave krme in živinorejske pridelave med državami nekoliko razlikujeta (tu ne gre zanemariti tudi drugih vplivov, kot so klimatske razmere, pasme živali ...), so tudi povprečne sestave hranil v živinskih gnojevkah lahko precej različne (Preglednica 2). Ob tem je potrebno opozoriti, da je lahko sestava živinske gnojevke, navedena v znanstveni literaturi, v eni državi podobna sestavi gnojevke v drugi tudi zaradi povzemanja podatkov. Za boljšo primerjavo med gnojevkami podajamo vsebnost hranil v nerazredčeni živinski gnojevki (torej z 10 % vsebnostjo suhe snovi) iz različnih virov.

Preglednica 2: Vsebnost rastlinskih hranil v gnojevkah (kg m^{-3}), preračunano na vsebnost 10 % suhe snovi (povzeto iz različnih virov).

Vrsta gnojevke	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Vir
Govedo — krave (povprečna gnojevka)	5,0	1,9	7,0	Mihelič in sod., 2010
Govedo (povprečna)	3,8	1,5	7,5	Dietl, Lehman, 2004
Govedo (povprečna)	4,3	2,0	5,3	Younie, 2012
Govedo (krave) — zelo intenzivna reja	4,5	2,1	4,6	Babnik in sod., 2006
Govedo (krave) — zmerno intenzivna reja	4,2	1,8	4,9	Babnik in sod., 2006
Govedo (krave) — ekstenzivna reja	4,0	1,8	5,0	Babnik in sod., 2006
Govedo (krave)	5,0	2,0	5,0	Finch in sod., 2002
Govedo (krave)	4,5	2,0	6,5	Buchgraber, Gindl, 2004
Govedo — pitanci (povprečna gnojevka)	6,0	2,5	5,0	Mihelič in sod. 2010
Govedo — pitanci (koruzna silaža)	6,0	2,5	5,0	Buchgraber, Gindl 2004
Prašiči — krmljeni z zrnjem (povprečna gnojevka)	8,0	5,0	4,0	Mihelič in sod., 2010
Prašiči — pitanci	7,0	5,0	4,0	Finch in sod., 2002
Prašiči — pitani z žiti	8,0	5,0	4,0	Buchgraber, Gindl, 2004

Poleg goveje in prašičje gnojevke je v literaturi veliko podatkov o vsebnostih hranil v gnojevkah drugih vrst živali, vendar so te gnojevke v Sloveniji manj pogoste.

V Preglednici 2 je vidna velika raznolikost v kemijski sestavi živinskih gnojevk. Za praktično gnojenje je pomembno, da vemo, koliko rastlinskih hranil, predvsem N, dodamo rastlinam z enkratnim gnojenjem. Posledično bi morali na kmetiji poznati vsebnost hranil v gnojevki. Iz praktičnega vidika bi bilo torej zelo modro, da damo gnojevko vsaj vsakih nekaj let v kemijsko analizo v enega od agrokemijskih laboratorijev (območni kmetijski zavodi, kmetijski inštituti, kmetijske fakultete), vendar praksa kaže, da se za to odločijo le zelo redki posamezniki.

Za gnojenje pomembna rastlinska hranila so v suhi snovi gnojevke. Določevanje količine hranil, ki jih dodamo z enkratnim gnojenjem, je v praksi otežkočeno zaradi nepoznavanja dejanske vsebnosti suhe snovi v gnojevki, čeprav se s poznavanjem vsebnosti sušine dejanskim vsebnostim posameznih hranil lahko le približamo (Verbič in sod., 2017). O vsebnosti suhe snovi v gnojevki lahko pri gnojenju na kmetijah pravzaprav le sklepamo na podlagi približne ocene. To je lahko tudi zelo varljivo. Še pred leti je veliko obetala uporaba posebej prirejenega areometra za določevanje suhe snovi v gnojevki. Leskošek (1993) je zapisal, da ga je mogoče nabaviti v Avstriji. Žal se zaradi dokaj slabe natančnosti uporaba tega nujno potrebnega pripomočka za določevanje sušine ni razširila v široko prakso.

Rastlinska hranila prihajajo v gnojevko preko urina in preko blata živali. Urin je zelo bogat predvsem z rastlinam takoj dostopnim N in kalijem (K). V blatu živali je za razliko od urina veliko neprebavljene organske snovi, zato je v sestavi poleg N in K tudi veliko fosforja (P), kalcija (Ca), magnezija (Mg), žvepla (S) in mikroelementov. Zaradi povečevanja vsebnosti organske snovi v tleh, torej zaradi humusa in posledičnih ugodnih učinkov na tla, je blato živali zelo koristno za rodovitnost tal. Večina rastlinskih hranil iz blata živali postane rastlinam dostopnih šele po mikrobiološki razgradnji organske snovi (Frame in Laidlaw, 2011).

Računajoč celoten gnojilni učinek, Mihelič in sod. (2010) navajajo, da se P in K iz živinske gnojevke izkoristita za rast rastlin podobno, kot se izkoristita iz mineralnih gnojil. Pri N pa se izkoristek precej razlikuje od izkoristka N iz mineralnih gnojil. Izkoristek je v prvi vrsti odvisen od tega, koliko N je vezanega v organskih spojinah (prašičja gnojevka 35 %, goveja 50 %) in koliko se ga od preostalega dela, ki je večinoma v mineralni oziroma hlapljivi amonijski obliki, dejansko izkoristi. Ta se lahko porabi za rast rastlin, lahko tudi izhlapi v ozračje oziroma se po nitrifikaciji izpere v podtalje. Mihelič in sod. (2010) nadalje navajajo, da se iz organske snovi v letu uporabe sprosti le 15 do 20 % dušika, skupno v več letih do 70 %. Za skupni večletni izkoristek dušika iz živinske gnojevke (organsko vezan + mineralni) avtorji navajajo približno 2,9 kg t⁻¹. To je približno 60 % skupne vsebnosti. Poetsch in Resch (2007) navajata, da je skupni izkoristek dušika lahko tudi višji, kar kaže na to, da bi bilo potrebno izvesti nadaljnje raziskave, vezane na to tematiko.

Če upoštevamo rastlinska hranila v gnojevki od trenutka, ko jih žival izloči in do sprejema v rastlino na njivi ali travniku, je mogoče predvsem mineralni N nekontrolirano trajno izgubiti z izhlapevanjem NH_3 , izpiranjem (predvsem) nitratov po nitrifikaciji amonijske oblike dušika in izhlapevanjem dušikovih oksidov (NO , N_2O) ter dušika (N_2) po denitrifikaciji nitratne oblike N v tleh (Whitehead, 2000).

Po aplikaciji gnojevke bodo rastline večji del N absorbirale iz tal v obliki amonijskega ali nitratnega iona. Na kislih tleh in pri nizkih temperaturah prevladuje sprejem amonijskega dušika, na drugih vrstah tal in ob zmernih in višjih temperaturah prevladuje absorpcija nitratnega N. To je predvsem posledica dejstva, da se amonijski N v takih tleh hitro nitrificira v nitrat, ki je v tleh tudi veliko bolj mobilan (Whitehead, 2000). Če govorimo o oblikah N, v katerih ga rastline na splošno absorbirajo, je poleg absorpcije amonijskega in nitratnega potrebno spomniti na rastline, ki veliko N pridobijo preko simbiotske vezave (npr. metuljnice). Tu bakterije v gomoljčkih na koreninah izkoristijo N, kot N_2 iz zraka v tleh in ga preko zapletenih biokemijskih procesov spremenijo v amonijsko obliko. Ta N potem rastline večinoma porabijo za svojo rast in razvoj. V manjših količinah lahko rastline sprejmejo N iz tal preko korenin tudi v drugih spojinah (sečnina, aminokisline ...). Dušik pa lahko rastline sprejmejo tudi preko listov (plinaste spojine dušika, dušikove spojine nanese na liste s foliarnim gnojenjem, dušikove spojine v padavinah).

Če rastline N iz gnojevke niso absorbirale (v katerikoli od navedenih spojin), obstaja velika verjetnost, da se bodo mineralne oblike N izgubile z izhlapevanjem in izpiranjem. Mineralne oblike N se lahko v tleh sicer začasno spet vežejo v organske spojine, če jih pri razgradnji organske snovi v tleh porabijo mikroorganizmi (imobilizacija). Vendar je ta vezava bolj začasnega značaja, saj se ta N slej kot prej spet mineralizira.

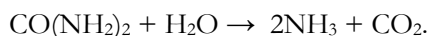
Torej je predvsem od naše spretnosti in doslednosti pri skladiščenju in aplikaciji gnojevke odvisno, kolikšne bodo izgube N iz agroekosistema in kolikšen bo dejanski gnojilni učinek gnojevke oziroma, kolikšen bo dejanski izkoristek N iz gnojevke. To ni pomembno samo zaradi ekonomskih vidikov kmetovanja, ampak tudi zaradi negativnih učinkov uporabe gnojevke na okolje. Zato je potrebno izhlapevanje in izpiranje N pri uporabi gnojevke spoznati nekoliko podrobneje. Nekaj pozornosti je potrebno nameniti tudi drugim plinom, ki izhajajo iz gnojevke.

3.1.2.2 Izhlapevanje amonijaka

Po odkritju Haber-Boschevega postopka pridobivanja NH_3 iz N_2 iz zraka v začetku 20. stoletja se je planet znašel v obdobju povečanih količin NH_3 in amonijevega iona (NH_4^+) v okolju (Sutton in sod., 2008). Kmetijstvo kot največji porabnik tako pridobljenega NH_3 oziroma porabnik posledično proizvedenih mineralnih gnojil, je v dvajsetem stoletju zelo povečalo pridelavo hrane in krme ter s tem tudi obseg živinorejske proizvodnje (Bussink in Oenema, 1998). Kot rezultat uporabe industrijsko pridobljenega NH_3 je kmetijstvo v zadnjih desetletjih postalo tudi eden najpomembnejših virov emisij NH_3 v ozračje in globalno prispeva vsaj 50 % NH_3 emisij, v kmetijsko razvitejših predelih planeta (npr. Evropa) pa tudi več kot 70 %. Gledano znotraj kmetijstva, prehaja največ emisij NH_3 v ozračje preko živalskih izločkov (Sommer in Hutchings, 2001). Sicer so drugi viri NH_3 v ozračju še neposredno izhlapevanje iz mineralnih dušikovih gnojil, predvsem iz uree, nadalje fekalije, avtomobilski katalizatorji, divje živali in industrija (Sutton in sod., 1995, 2000). Amonijak reagira v ozračju z drugimi spojinami in povzroča evtrofikacijo naravnih in polnaravnih ekosistemov. Zaradi večjih količin N, ki pridejo v te ekosisteme preko padavin, se spremenijo konkurenčni odnosi med rastlinami. To vodi do izumiranja nekaterih rastlinskih vrst. Tudi povečana količina NH_3 v ozračju povzroča zaradi kislega dežja zakisovanje tal. Kot posledica prisotnosti NH_3 se v ozračju tvorijo aerosoli s 'toplogrednim' učinkom (http://www.apis.ac.uk/overview/pollutants/overview_nh3.htm).

Pri živalskih izločkih bo do izhlapevanja NH_3 prišlo že kmalu potem, ko bodo živali izločile urin in vse dokler je NH_3 izpostavljen zraku. Po izločanju blata znatnih izgub N v obliki izhlapevanja NH_3 vsaj na kratko obdobje ne pričakujemo, saj je v blatu živali le približno 3 % N v amonijski obliki.

Pri živalih se zelo spreminja tako dnevna količina izločenega urina kot tudi vsebnost skupnega N v urinu. Oboje je zelo odvisno od prehrane živali, od razlik med pasmami živali, posameznimi živalmi, vpliva okolja na živali ... V urinu živali je 60 do 90 % N v obliki sečnine. Od preostalih dušikovih spojin so tu še hipurna kislina, allantoin, sečna kislina, ksantin, hipoksantin, kreatin in kreatinin (Whitehead, 1995). Od N spojin v urinu živali je hitro razgradljiva predvsem sečnina. Ob prisotnosti encima ureaza, ki ga proizvajajo bakterije, se namreč sečnina hidrolizira v dve molekuli NH_3 in molekulo CO_2 po reakciji:



Hidroliza sečnine v gnojevki intenzivno poteka že približno pol ure po izločanju seča zaradi prisotnosti številnih encim sproščajočih mikroorganizmov, ki so v blatu živali. Izhlapovanje NH_3 v hlevu oziroma v jamah za gnojevko bo večje ob manjši koncentraciji NH_3 v zraku, večjih koncentracijah NH_3 v gnojevki, višjih temperaturah in intenzivnejšem kroženju zraka (Verboon, 1995). Zaradi zelo različne gradnje hlevov in sistemov skladiščenja gnojevke je težko oceniti, koliko NH_3 dejansko izhlapi iz hleva in iz jame za gnojevko. Po Balsari in sod. (2007) so lahko izgube le nekaj odstotne, lahko pa dosežejo vrednosti tudi čez 20 % skupnega N v gnojevki. Ko je gnojevka že v jami za gnojevko, je izhlapevanja NH_3 malo zaradi skorje iz blata živali, ki nastane na površini gnojevke predvsem, če gre za govejo gnojevko (Whitehead, 1995).

Na zmanjševanje izhlapevanja NH_3 iz gnojevke v hlevu in v času njenega skladiščenja lahko vplivamo na različne načine.

- **Racionalna prehrana živali z dušikovimi spojinami** (Paul in sod., 1998, James in sod., 1999, Verbič, 2020). Külling in sod. (2001) so na primer z zmanjšanjem vsebnosti surovih proteinov v obroku živali zmanjšali izhlapevanje NH_3 iz gnojevke za 68 %. V obroku živali seveda ne moremo zmanjševati količine N spojin na račun zmanjšanja proizvodnje, zagotovo pa v obroku, predvsem iz vidika izhlapevanja NH_3 iz gnojevke, niso racionalni presežki N spojin, saj predvsem ti močno povečujejo vsebnost sečnine v urinu živali (Sommer in Hutchings, 2001).
- **Pokrivanje jam za gnojevko.** K zmanjšanju izgub N zaradi izhlapevanja NH_3 iz gnojevke močno pripomore pokrivanje jam za gnojevko oziroma pokrivanje gnojevke z različnimi nerazgradljivimi ali razgradljivimi materiali (Yagüe in sod., 2011).
- **Skorja na gnojevki.** Na površini gnojevke se sčasoma oblikuje plavajoča plast (skorja), ki učinkovito preprečuje izhlapevanje NH_3 . Oblikovanje te plasti lahko spodbudimo z dodajanjem zrezane slame (Verbič, 2020).
- **Dodajanje vode v gnojevko.** Zmanjšuje izhlapevanje NH_3 zaradi znižanja koncentracije amonijskega N v gnojevki (Van der Stelt in sod., 2007).

- **Mehanično ločevanje (separiranje) gnojevke na trdno in tekočo frakcijo.** Pripomore k večji uporabnosti in manjšim izgubam NH_3 pri uporabi tekoče frakcije. Vendar se lahko močno poveča izhlapevanje NH_3 iz trdne frakcije že v času skladiščenja in tudi kasneje pri aplikaciji (Amon in sod., 2006). Nekateri temu ukrepu za zmanjševanje emisij NH_3 niso naklonjeni (Dinuuccio in sod., 2007).
- **Anaerobna digestija.** Naj ne bi vplivala na izgube NH_3 iz gnojevke v času skladiščenja.
- **Aeracija gnojevke.** Vpihovanje zraka z mešanjem, ki pospeši mikrobiološko razgradnjo organske snovi, izhlapevanje NH_3 močno poveča. Poleg tega je za to opravilo potrebno tudi veliko energije, kar poveča emisije CO_2 v ozračje. Posledično aeracija gnojevke za zmanjševanje izhlapevanja NH_3 ni priporočljiva (Amon in sod., 2006). Vendar lahko kot pozitivno štejemo, da je zaradi pretvorbe N iz NH_3 v nitratno obliko pri razvažanju gnojevke manj smradu (Verbič, 2020).
- **Dodatki za gnojevko.** Temeljijo na kemijskem, fizikalnem in biološkem načinu delovanja. Van der Stelt in sod. (2007) jih delijo v pet skupin:
 - dodatki, ki vzpodbujajo biološko razgradnjo gnojevke vsebujejo mikroorganizme in encime;
 - dodatki za zakisovanje gnojevke (mineralne kisline);
 - adsorbenti (zeolit) - vežejo nase pozitivno naelektrene delce (amonijev ion);
 - inhibitorji ureaze - preprečujejo razgradnjo sečnine, vendar je njihova uporaba predraga;
 - saponini (glukozidi) - so sposobni vezave amonijevega iona.

Dodatki, ki absorbirajo amonijeve ione, zmanjšujejo izhlapevanje NH_3 . Dodatki, ki vsebujejo encime, povečujejo biološko razgradnjo organske snovi. Žal je večina teh dodatkov komercialnih in njihova sestava uporabnikom ni natančno poznana. Zato tudi delovanje posameznih dodatkov velikokrat ni natančno znanstveno opredeljeno (Amon in sod., 2006), ali pa je znanstveno dokazovanje učinka zaradi specifičnosti eksperimentov zelo težavno. Van der Stelt in sod. (2007) so v goveji gnojivki proučevali vpliv treh komercialnih dodatkov (Effective Micro-

organisms, Euro Mest-mix in Agrimest) in ugotovili, da dodajanje teh dodatkov ni spremenilo sestave gnojevke (pH vrednosti, vsebnosti suhe snovi, vsebnosti skupnega in mineralnega dušika, razmerja med ogljikom in dušikom). Prav tako dodatki niso signifikantno znižali izhlapevanja NH_3 .

Med dejavniki, ki vplivajo na izhlapevanje NH_3 v ozračje, je zelo pomemben pH gnojevke. Ukrepi, ki povečujejo pH gnojevke (prezračevanje gnojevke, dodajanje alkalnih snovi), povečujejo emisije NH_3 v ozračje. Že nekaj časa je poznan vpliv zakisanja gnojevke na zmanjševanje izhlapevanja NH_3 v ozračje (Kavanagh in sod., 2019). V ta namen so nekateri raziskovalci (Verboon, 1995) uporabljali dušikovo(V) kislino (HNO_3), drugi (Kai in sod., 2008) pa žveplovo(VI) kislino (H_2SO_4). Obe kislini sta uporabni, ker učinkovito zakisata gnojevko, obenem pa z njima dodajamo v gnojevko tudi rastlinski hranili N oziroma S. Z dodajanjem obeh kislin se pH gnojevke zniža in s tem se ustavi izhlapevanje NH_3 . V poskusih, ki so jih izvedli Kai in sod. (2008), je dodatek 0,5 kg H_2SO_4 100 L⁻¹ prašičje gnojevke po 13 mesecih skladiščenja znižal pH s 7,5 na 6,3 in ohranil vsebnost skupnega N na 4,2 kg t⁻¹ vsebnost amonijskega N na 3,1 kg t⁻¹. V netretiranini gnojevki je bilo tako skupnega, kot amonijskega N manj. To pomeni, da je precej N izhlapelo. Zaradi manjših izgub N dokazujejo avtorji večji gnojilni učinek gnojevke. S tem se nekoliko poceni ta, razmeroma dragi ukrep dodajanja kisline. Za območje Danske navajajo avtorji, da je dejanski neto strošek kmeta pri zakisovanju gnojevke s H_2SO_4 približno 40 Eur na GVŽ letno, vendar v raziskavi ni naveden dolgoročni učinek dodajanja kisline na pH vrednost tal niti ni ovrednoten gnojilni učinek S.

- **Mešanje gnojevke oz. homogeniziranje.** Pri temperaturah okrog 20 °C mešanje poveča izhlapevanje NH_3 . V primerjavi z gnojevko, na kateri je skorja iz blata živali, pa mešanje gnojevke pri višjih temperaturah (čez 30 °C) ne povečuje izhlapevanja NH_3 . Pri tem ni več pomemben učinek mešanja, ampak dejstvo, da pri taki temperaturi skorja postane že toliko porozna, da ne predstavlja več pomembne ovire za izhlapevanje NH_3 , zato ta močno izhlapeva tudi, če gnojevke ne mešamo (Van der Stelt in sod., 2007).

Intenzivnost izhlapevanja NH_3 iz gnojevke med njeno aplikacijo je odvisna predvsem od trajanja izpostavljenosti gnojevke ozračju in velikosti kapljic pri razprševanju gnojevke v zraku ter znaša od približno 1 % pri aplikacijah, kjer gnojevka ni izpostavljena ozračju, do čez 10 % amonijskega N pri aplikacijah, kjer gnojevko razpršimo po zraku (Sommer in Hutchings, 2001).

Po aplikaciji gnojevke je izhlapevanje NH_3 odvisno od količine gnojevke, ki je ostala na površini tal in od vremenskih razmer. Med njimi na izhlapevanje najbolj vplivata temperatura ozračja in kroženje zraka. Sommer in sod. (1991) navajajo, da je pri zelo nizkih temperaturah blizu ledišča izhlapevanje NH_3 iz površinsko aplicirane gnojevke minimalno. Obenem je tudi pronicanje gnojevke v tla zelo omejeno, še posebej, če so tla zamrznjena. Posledično ostane gnojevka na površini tal in izgube N zaradi izhlapevanja NH_3 nastopijo nekoliko kasneje. Z višanjem temperature in vetrom se količina izhlapelega NH_3 takoj po aplikaciji močno poveča.

Inkorporiranje gnojevke v tla je zelo učinkovit ukrep za zmanjšanje izhlapevanja NH_3 pri in po aplikaciji (Sommer in Hutchings, 1997, Huijsmans in sod., 2016). To ugotavljajo tudi Misselbrook in sod. (2002), ki so proučevali zmanjševanje emisij NH_3 pri različnih načinih aplikacije. Med seboj so primerjali konvencionalno površinsko aplikacijo z razpršilno ploščo, površinsko aplikacijo gnojevke v pasove z vlečenimi cevmi in inkorporiranje gnojevke v tla v odprte ali zaprte kanalčke. Na površinah, pokritih s travno rušo, je vbrizgavanje gnojevke v zaprte kanalčke zmanjšalo izhlapevanje NH_3 za do 73 %, v primerjavi z izhlapevanjem NH_3 pri aplikaciji z razpršilno ploščo. Količine izhlapelega NH_3 pri drugih načinih aplikacije so bile nekje vmes, odvisno od izpostavljenosti gnojevke ozračju.

Različni ukrepi, ki jih izvajamo že pri skladiščenju gnojevke, lahko zelo vplivajo na izhlapevanje NH_3 ob in po aplikaciji gnojevke. Zakisanje gnojevke s H_2SO_4 (Kai in sod., 2008) močno zmanjša izhlapevanje NH_3 po aplikaciji gnojevke. Amon in sod. (2006) so primerjali izhlapevanje NH_3 po aplikaciji različno tretiranih gnojevk. V primerjavi z netretirano gnojevko je anaerobna digestija sicer zmanjšala izgube NH_3 v jami za gnojevko, vendar je bilo izhlapevanje NH_3 po aplikaciji nekoliko povečano, tako da razlike med tema načinoma v skupnem izhlapevanju NH_3 ni bilo. Pri ločevanju gnojevke se je izhlapevanje NH_3 zelo povečalo predvsem v času skladiščenja (manj je bilo izhlapevanja po aplikaciji). To je pomenilo za skoraj 100 % višje količine izhlapelega NH_3 v primerjavi z netretirano gnojevko.

Möller in Stinner (2009) povezujeta povečano izhlapevanje NH_3 po aplikaciji gnojevke po anaerobni digestiji s povišanim pH gnojevke in višjo koncentracijo NH_3 . Slednja je rezultat razgradnje proteinov v procesu fermentacije (Petersen in Sommer, 2011). Podobno ugotavljajo tudi Sommer in sod. (2006), ki navajajo, da apliciranje takšne gnojevke lahko vodi do zmanjšanja izhlapevanja NH_3 zaradi lažjega stekanja gnojevke v tla.

Lažje stekanje gnojevke v tla in posledično zmanjšano izhlapevanje NH_3 je eden od pozitivnih vplivov redčenja gnojevke z vodo. Bussink in Oenema (1998) po številnih avtorjih povzemata, da redčenje z vodo v razmerju 1 : 3 (gnojevka : voda) zmanjša izhlapevanje NH_3 za 20 do 80 % v primerjavi s površinsko aplikacijo nerazredčene gnojevke. Variabilnost v zmanjševanju izhlapevanja med poskusi je zelo različna zaradi različnih okoljskih razmer in zaradi različnih eksperimentalnih tehnik ugotavljanja izhlapevanja. Poleg tega lahko tudi pri površinski aplikaciji nerazredčene gnojevke prihaja do različnega izhlapevanja celo zaradi debeline nanosa gnojevke. Kot ugotavlja Frost (1994), je namreč količina izhlapelega NH_3 po površinski aplikaciji nerazredčene gnojevke obratno sorazmerna s količino aplicirane gnojevke.

Ob vseh naštetih možnostih zmanjševanja izhlapevanja NH_3 je potrebno upoštevati čas aplikacije gnojevke v povezavi z vremenskimi razmerami. Bussink in Oenema (1998) priporočata predvsem spomladansko aplikacijo v hladnem, nevetrovnem vremenu in pričakovanih padavinah, ki gnojevko sperejo v tla. Postavlja se seveda vprašanje, koliko naj bo padavin po aplikaciji gnojevke. Veliko padavin namreč lahko povzroči neposredno spiranje gnojevke v podtalje in s tem onesnaževanje podzemnih voda. Zaradi velike različnosti v globini in teksturi tal je željeno količino padavin po aplikaciji gnojevke za Slovenijo praktično nemogoče opredeliti v eni vrednosti. Gotovo je, da izdatnejših padavin, ki zasitijo tla z vodo, naj ne bi bilo pred aplikacijo gnojevke, saj je tla potem ne morejo več absorbirati. Po aplikaciji gnojevke na relativno suha tla pa lahko izhlapevanje NH_3 zelo zmanjšamo (tudi za polovico), če pade le približno 6 mm padavin, kot so ugotovili Mkhabela in sod. (2009), medtem, ko Wightman in sod. (1996) govorijo o 13 mm padavin. Pri tem posebej izpostavljajo pomembnost padavin pri aplikaciji gnojevke za rastline (travna ruša), saj s spiranjem gnojevke z rastlin zmanjšamo škodljive učinke gnojevke na rast rastlin. Gnojevka je lahko za rast rastlin škodljiva predvsem zaradi ožigov na rastlinah, če uporabljamo gnojevko z malo dodane vode predvsem pri višjih temperaturah. Poleg tega gnojevka, ki ostane na rastlinah, zmanjšuje fotosintetsko aktivnost in s tem rast rastlin.

3.1.2.3 Izpiranje amonijskega in nitratnega duška v podtalje

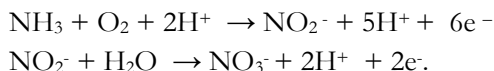
V javnosti se dokaj pogosto srečujemo s poročili o pojavu N spojin v pitni vodi. Večinoma se srečujemo s prekomernimi vrednostmi nitratov, občasno pa zasledimo tudi povečane vsebnosti amonija. Po Pravilniku o pitni vodi (2004) je v Sloveniji najvišja dopustna koncentracija amonija v pitni vodi 0.5 mg L^{-1} . Običajne vrednosti amonija v vodi so pod $0,2 \text{ mg L}^{-1}$ (https://www.who.int/water_sanitation_health/water-quality/guidelines/chemicals/ammonia.pdf?ua=1). Povečane koncentracije so znak prisotnosti človekovemu zdravju škodljivih bakterij v vodi oziroma znak onesnaženja, največkrat zaradi vdora fekalij v podtalnico oz. pitno vodo, ali tudi zaradi neposrednega stekanja gnojevke, gnojnice ali izcedka iz hlevskega gnoja v vodo.

Uredba o varstvu voda pred onesnaževanjem z nitrati iz kmetijskih virov (2009, 2013, 2015, 2017) jasno navaja nekatere omejitve gnojenja z gnojevko (in gnojnico) ter njenega skladiščenja, katerih upoštevanje preprečujejo neposredno odtekanje gnojevke v površinske ali podzemne vode.

- Gnojenje je prepovedano na poplavljenih tleh, na tleh, nasičenih z vodo, prekritih s snežno odejo, na zamrznjenih tleh, kmetijskih zemljiščih v zaraščanju, nerodovitnih, vodnih in gozdnih zemljiščih.
- Na strmih zemljiščih, kjer obstaja nevarnost odtekanja tekočih organskih gnojil v površinske vode, je treba odmerke tekočih organskih gnojil razdeliti na več delov tako, da posamezni odmerek ne presega 80 kg N ha^{-1} .
- Pri gnojenju na strmih zemljiščih, nagnjenih k površinskim vodam, je treba zagotoviti enega od naslednjih ukrepov:
 - njiva mora biti razmejena s prečnimi ozelenjenimi pasovi, ki preprečujejo odplavljanje gnojil ali
 - med njivo in površinsko vodo mora biti najmanj 15 m širok pas zemljišča, porasel z zeleno odejo ali drugimi kmetijskimi rastlinami, razen poljščinami s počasnim spomladanskim razvojem ali
 - njiva mora biti obdelana prečno na strmino ali
 - njiva mora biti čez zimo prekrita z zeleno odejo.

- Vnos je prepovedan v razdalji 100 m od objekta za zajem pitne vode, ki je vključen v sistem javne oskrbe s pitno vodo, če za območje okoli tega objekta s posebnimi predpisi ni določen vodovarstveni režim.
- Ob vodotokih je prepovedan vnos na priobalnih zemljiščih v tlorisni širini, določeni z zakonom, ki ureja vode.
- Gnojevko je potrebno skladiščiti v zbiralnikih, ki morajo biti umeščeni v prostor, grajeni in upravljeni tako, da ne pride do nenadzorovanega iztekanja in onesnaževanja voda ali tal. Biti morajo vodotesni, stabilni in odporni proti mehanskim, toplotnim in kemičnim vplivom. Objekti morajo biti redno vzdrževani. V primeru poškodbe skladiščnega objekta je potrebno gnojevko hitro in varno uporabiti ali skladiščiti drugje tako, da ne pride do onesnaževanja vode ali tal.

Amonijski N iz gnojevke se ob prisotnosti kisika s pomočjo bakterij *Nitrosomonas* v prvi stopnji oksidira do nitrita, ta pa nato v drugi stopnji s pomočjo bakterij *Nitrobacter* do nitrata (Slekovec, 2010):



Prva stopnja pretvorbe še ni popolnoma razjasnjena, gotovo pa je, da kot vmesna produkta nastajata tudi zelo hlapna N_2O in NO , ki prehajata tudi v atmosfero (Whitehead, 1995).

Na nitrifikacijo vplivajo številni dejavniki, kot so zračnost tal (dostopnost kisika), reakcija tal, temperatura, dostopnost amonijskega N ... (VanderZaag, 2011). Nitrifikacija poteka optimalno pri temperaturah 30 do 35 °C. Z upadanjem temperature upada in je pri temperaturah nekaj stopinj nad lediščem že zelo upočasnjena (Whitehead, 1995). Killhan (1994) celo navaja prag 7 °C, pod katerim je nitrifikacije zelo malo. V zimskem času, ko so tla zamrznjena, se v tleh amonijska oblika N ne bo pretvarjala v nitrarno. Nitrifikacija je v tleh inhibirana, ko se tla posušijo, vendar nitrifikacijske bakterije pomanjkanje vode preživijo in postanejo spet zelo aktivne ob navlažitvi tal. Tudi v poletnem času, v obdobjih ekstremne suše, nitrifikacije v tleh ne pričakujemo. V kislih tleh med pH 6,0 in 4,5 je nitrifikacija manj izrazita, popolnoma pa se ustavi pod pH 4,5. Nitrifikacija se ustavi tudi pri pH vrednosti nad 8,0, ko je inhibirana predvsem druga stopnja pretvorbe. To pomeni,

da se v tleh lahko pojavi več N v obliki nitrita. Ko se tla zasitijo z vodo, npr. po močnih padavinah, se nitrifikacija ustavi zaradi pomanjkanja kisika (Whitehead, 1995).

Kaj nam omenjena dejstva povedo z vidika gnojenja z gnojevko? Več kot smo amonijske oblike N v gnojevki ohranili do vnosa v tla, več ga bo ob ugodnih pogojih podvrženega nitrifikaciji, ob neugodnih pogojih za nitrifikacijo pa bo v tleh ostal v amonijski obliki. K skupni količini mineralnega N (večinoma amonijski in nitratni dušik), ki je z gnojevko vnesen v tla, je potrebno dodati še mineralni N, ki se sprošča z mineralizacijo organske snovi gnojevke (do 20 % v letu gnojenja z gnojevko — Mihelič in sod., 2010).

Nitrifikacija lahko poteka že v skladiščenju gnojevke, gotovo pa bo intenzivno prisotna v tleh po aplikaciji gnojevke. Izpiranje nitratnega N iz tal je močno prisotno predvsem na površinah s peščenimi tlemi in na splošno na površinah z veliko N v tleh ter na območjih z veliko padavinami. Več izpiranja nitratov iz tal lahko ob dežju pričakujemo izven rastne dobe, ko tla niso zamrznjena, a tudi po daljših sušnih obdobjih, ko rastline nitratnega N niso črpale iz tal, omejena pa je bila tudi denitrifikacija.

Zaradi varovanja okolja je zelo pomembno, da večji del mineralnega N absorbirajo kmetijske rastline, v nasprotnem primeru obstaja velika verjetnost, da bo v eni od hlapnih oblik prešel v ozračje ali pa se bo večinoma kot nitrat izpral v podtalje. Večjega izpiranja amonijske oblike N, razen v prej opisanem primeru neposrednega stika gnojevke z vodami, ne pričakujemo, saj se kot pozitivno naelektren ion (NH_4^+) adsorbira na negativno naelektrene glinaste talne delce in na humus v tleh.

Izpiranje nitratnega N v podtalje je za okolje eden izmed najbolj obremenjujočih stranskih učinkov kmetijske pridelave. Po Pravilniku o pitni vodi (2004) je zgornja še dopustna vsebnost nitrata v pitni vodi 50 mg L^{-1} . Mejna vrednost za nitrite, ki se v podtalnico prav tako lahko izperejo iz tal pa je $0,50 \text{ mg L}^{-1}$. Nitrati v pitni vodi so za človeka škodljivi zaradi pretvorbe v nitrit in posledičnega povzročanja methemoglobinemije, ki je posebej nevarna pri dojenčkih, mlajših od 6 mesecev. Poleg tega se lahko nitrati v človekovem telesu pretvorijo v rakotvorne spojine (https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/nitratenitrite2nda dd. pdf).

Da bi čim bolj zmanjšali nevarnost pojava nitratov v podtalju, Uredba o varstvu voda pred onesnaževanjem z nitrati iz kmetijskih virov (2009, 2013, 2015, 2017) poleg prej opisanih ukrepov, ki zmanjšujejo nevarnost neposrednega stekanja gnojevke v vodo, za gnojenje z dušikovimi gnojili postavlja še mnoge druge omejitve. Med njimi so naslednje omejitve, ki neposredno zajemajo tudi uporabo gnojevke:

- letni vnos N iz živinskih gnojil ne sme presegati 170 kg N ha^{-1} kmetijskih zemljišč v uporabi na ravni kmetijskega gospodarstva;
- gnojenje z gnojevko je prepovedano od 15. novembra do 1. marca, razen če gre za pripravo zemljišč za setev jarih žit, trav in travno-deteljnih mešanic ali pomladansko dognojevanje ozimin in sejanega travinja, ko je gnojenje z gnojevko prepovedano od 15. novembra do 15. februarja;
- izjema so tudi katastrske občine v območju s submediteranskim podnebjem, kjer je gnojenje s tekočimi organskimi gnojili, na kmetijskih zemljiščih z zeleno odejo prepovedano od 15. decembra do 15. januarja, na kmetijskih zemljiščih brez zelene odeje pa od 1. decembra do 15. februarja;
- če gre na teh izvzetih območjih za setev jarih žit, trav in travno-deteljnih mešanic, na kmetijskih zemljiščih brez zelene odeje, je gnojenje s tekočimi organskimi gnojili prepovedano v obdobju od 1. decembra do 1. februarja;
- gnojenje je prepovedano na kmetijskih zemljiščih v zaraščanju, na nerodovitnih zemljiščih, na vodnih zemljiščih, na gozdnih zemljiščih (z nekaj izjemami);
- gnojilo je potrebno uporabljati skladno s potrebami rastlin. Te se določijo na podlagi pričakovanih pridelkov, tipov tal, razmer v tleh, podnebnih razmer, rabe zemljišč in drugih pridelovalnih razmer;
- gnojilo mora biti po površini, ki se gnoji, enakomerno raztrošeno. Pri prevozu in gnojenju je treba preprečiti nenadzorovan raztros gnojila in gnojenje izven predvidenega območja gnojenja.

Z vidika dobre kmetijske prakse in strokovno utemeljenega gnojenja je poleg z Uredbo predpisanih ukrepov pri uporabi gnojevke (tudi pri uporabi vseh drugih N-gnojil) navedeno, da je potrebno uporabiti gnojevko takrat, ko rastline mineralni N, ki ga z gnojenjem vnesemo v tla, lahko absorbirajo. Če tega ne upoštevamo, se lahko

N hitro spere v podtalje ali izhlapi v ozračje. Že Leskošek (1993) in kasneje tudi Mihelič in sod. (2010) govorijo o zelo ugodnem, ugodnem, manj ugodnem in neprimernem času gnojenja z gnojevko. Za travinje je zelo ugoden čas uporabe gnojevke spomladi, še ugoden čas pa do konca poletja. Pri gnojenju pazimo, da z gnojevko pri enkratnem in skupnem gnojenju (če gnojimo v več obrokih) ne presežemo strokovno utemeljene gnojilne norme. Glej: Mihelič in sod. (2010): Smernice za strokovno utemeljeno gnojenje.

Če gledamo samo z vidika čim večjega izkoristka mineralnega dušika iz gnojevke in v tleh hitro mineralizirajočega dela N iz organske snovi, je, kot po mnogih avtorjih na primeru gnojenja travinja povzemata Lalor in Schulte (2008), gnojevko najbolje uporabiti takoj spomladi, ko preneha prepoved gnojenja iz Uredbe, če in ko rastline mineralni N že lahko absorbirajo; torej, ko pričnejo z rastjo.

3.1.3 Izhlapevanje dušika v atmosfero

Kot posledica razgradnje N-spojnin (razgradnja v gnojevki in drugih živinskih gnojilih, procesi v tleh) poleg NH_3 izhlapevajo v ozračje izhlapevajo tudi N_2O (didušikov oksid) in NO (dušikov monoksid) ter plinasta oblika čistega dušika (N_2). Didušikov oksid nastaja kot stranski produkt že v procesu nitrifikacije, medtem ko nastajata N_2O in NO kot vmesna produkta biološke redukcije nitrata (denitrifikacija) do N_2 . Ob nedokončani denitrifikaciji izhlapevata v atmosfero (Chadwick in sod., 2011). Nitrifikacija z nitrifikacijskimi bakterijami intenzivno poteka v toplem, zračnem in razmeroma vlažnem okolju. Denitrifikacija z denitrifikacijskimi bakterijami pa za razliko od nitrifikacije poteka v anaerobnih razmerah. V tleh z malo nitrata bo logično tudi denitrifikacije malo; to pomeni, da je na negnojnih tleh denitrifikacija zelo omejena. Vendar tudi prisotnost večjih količin nitrata ne pomeni nujno takojšnje denitrifikacije. Nastopiti morajo namreč že omenjene anaerobne razmere (npr. po dežju) in na voljo mora biti dovolj organskega C. Temperature pod $10\text{ }^\circ\text{C}$ za denitrifikacijo niso ugodne. Z naraščanjem temperature se intenzivnost denitrifikacije povečuje vse do $65\text{ }^\circ\text{C}$, nad to temperaturo pa strmo upade (Whitehead, 1995).

Izmed omenjenih hlapnih N-spojnin je za okolje najbolj obremenjujoč didušikov oksid (N_2O), ki je eden izmed toplogrednih plinov. Ti plini absorbirajo v ozračju toploto sevanje zemeljskega površja. Absorbirana toplota se širi v vse smeri, torej tudi nazaj proti zemeljskemu površju. Ta naravni proces imenujemo 'učinek tople

grede' in brez tega bi bila povprečna temperatura na Zemlji $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, trenutno je $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$ (<http://www.arhiv.evropa.ukom.gov.si/si/podnebne-spremembe/pomen-toplogrednih-plinov-v-ozracju/>). Poleg didušikovega oksida uvrščamo med toplogredne pline še CO_2 , vodno paro, metan, fluorirane ogljikovdike (CFC, HFC, PHC), žveplov heksafluorid ... (https://sl.wikipedia.org/wiki/Toplogredni_plin). Za omogočanje življenja na zemlji so torej zelo pomembni, vendar se zaradi povečevanja njihovih količin v ozračju povečuje tudi njihov učinek v povečevanju temperature planeta. To dejansko že občutimo v slabšanju življenjskih razmer. Vsebnost nekaterih izmed navedenih toplogrednih plinov (CO_2 , metan, didušikov oksid, fluorirani ogljikovdiki) se v zadnjih desetletjih ali celo stoletjih povečuje zaradi človekovih aktivnosti. Izmed teh, zaradi človekovih aktivnosti sproščenih plinov v ozračje, se največji del, čez 60 odstotkov učinka v segrevanju ozračja pripisuje učinku CO_2 , skoraj 20-odstotni delež učinka v segrevanju se pripisuje metanu, okrog 7-odstotni delež didušikovim oksidom in približno 13-odstotni delež drugim plinom (NOAA, 2011). V Sloveniji se največji delež v zadnjih letih pripisuje učinku CO_2 (82,8 %), sledi metan (čez 11,1 %), didušikov oksid (4,3 %), medtem ko se ostalim plinom pripisuje približno 1,9-odstotni delež učinka. Podatki so za leto 2018 (http://okolje.arso.gov.si/onesnazevanje_zraka/vsebine/toplogredni-plini).

V emisijah toplogrednih plinov je zaradi narave dela seveda prisotno tudi kmetijstvo, vendar gledano globalno, kmetijstvo ni med večjimi donorji toplogrednih plinov v atmosfero. V Sloveniji se ocenjuje, da je prispevek kmetijstva k izpustom toplogrednih plinov, ki nastanejo zaradi človekovih aktivnosti, približno 10 odstotkov. Približno 70 odstotkov tega so emisije metana, večino preostanka so emisije didušikovega oksida. (Verbič, 2019).

Didušikov oksid s svojim toplogrednim učinkom v atmosferi ostane približno 120 let, preden se razgradi (Fowler in sod., 1997). Poleg izrazito močnega toplogrednega učinka sodeluje tudi pri razgradnji ozonskega plašča. Več kot 60 odstotkov didušikovega oksida preide v ozračje iz tal, od tega slaba polovica iz kmetijskih tal. Precej tega plina nastane tudi pri kurjenju biomase (Chapuis-Lardy in sod., 2007). Znotraj kmetijskega doprinosa tega plina v ozračje pripada slaba polovica živinoreji, oziroma uporabi živinskih gnojil. Večji del pa se pripisuje predvsem uporabi sintetičnih dušikovih mineralnih gnojil (Chadwick in sod., 2011).

Dušikov monoksid prav tako kot didušikov oksid prehaja iz tal v atmosfero, vendar je njegov škodljivi učinek omejen predvsem na tvorbo kislega dežja zaradi hitre pretvorbe v dušikovo kislino. Ta potem posledično povzroča zakisovanje tal. Čisti dušik (N_2), ki je končna pretvorba denitrifikacije, nima širšega negativnega vpliva na okolje (Whitehead, 1995), vendar lahko te izgube predstavljajo pomemben del izhlapelega N po uporabi gnojevke (Zistl-Schlingmann in sod., 2019).

V procesu skladiščenja in aplikacije gnojevke nekateri ukrepi povečajo ali zmanjšajo emisije didušikovega oksida (povzeto po Chadwick in sod., 2011).

- **Naravna skorja na površini gnojevke.** Zmanjšuje izhlapevanje NH_3 in omogoča razgradnjo metana, vendar zaradi aerobnih razmer v skorji povzroča povečane emisije didušikovega oksida, ki se tvori v procesu nitrifikacije.
- **Aeracija gnojevke.** Poveča emisije didušikovega oksida.
- **Separiranje gnojevke.** Povzroča povečanje emisij didušikovega oksida zaradi emisij pri skladiščenju trdnega dela gnojevke.
- **Zakisovanje gnojevke.** Ustavi pretvorbo amonijske oblike duška v nitratno. Posledično tudi ni tvorbe didušikovega oksida, a to je le začasno stanje, saj po aplikaciji takšne gnojevke steče pretvorba NH_3 v druge spojine v tleh in se lahko izhlapevanje didušikovega oksida pojavi kasneje;
- **Anaerobna digestija.** Mineralizira dušikove spojine, vendar le do NH_3 , tako da neposrednega izhajanja didušikovega oksida v procesu digestije ni, nastopi pa kasneje po aplikaciji gnojevke, če se večji del amonijskega N ne porabi za rast rastlin;
- **Izhlapevanja didušikovega oksida pri in po aplikaciji gnojevke.** Obseg je odvisen od nitrifikacije in denitrifikacije N. Posledično bi torej morali gnojevko uporabljati predvsem tako, da rastline dodani N čim prej in v čim večji meri izkoristijo, kot to priporoča dobra kmetijska praksa. Dalj časa bo namreč N v tleh, večja je možnost, da se pretvori v nitratno obliko (izpiranje) ali v obliko didušikovega oksida, ki kot zelo škodljiv za okolje, izhlapeva v atmosfero. To potrjujejo tudi Shah in sod. (2020), ki navajajo da večkratna aplikacija gnojevke v manjših količinah v primerjavi z večjo količino naenkrat uporabljene gnojevke zmanjša izhlapevanje didušikovega oksida v ozračje.

3.2 Obnova ruše

V sistemih pridelovanja krme na travinju, kjer potrebna kakovost krme ne dovoljuje pridelave na način, da bi bilo rastlinam omogočeno generativno razmnoževanje, je permanentna obnova obstoječe ruše z dodajanjem semena nujna. Poleg tega je obnova lahko nujna po ekstremnih vremenskih razmerah, lahko se ruša prekomerno zapleveli, ali jo npr. uničijo ogrci majskega hrošča ... Rušo lahko obnovimo na različne načine. V osnovi se lahko odločamo za obnovo, ki temelji na preoravanju obstoječe ruše s tako imenovano 'novo setvijo'. Lahko pa obnova temelji na različnih oblikah vsejavanja semena v obstoječo rušo, ki je predhodno ne uničimo (Kramberger in Podvršnik, 2019).



Fotografija 1: Preoravanje obstoječe ruše

Preoravnje obstoječe ruše in kasnejša nova setev vodita do povečane mineralizacije organske snovi v tleh in posledično do zmanjšanja količin C v organski snovi tal, povečuje se nevarnost izpiranja nitratov v podtalje. Na neravninskih površinah se povečuje nevarnost erozije.

(Foto: Branko Kramberger)

Obnova s preoravanjem in z novo setvijo vodita v povprečju do približno 30 odstotnega povečanja pridelka krme v prvih dveh letih. Vpliv na kakovost krme pa je še daljši. Vendar mnogi primeri takšne obnove ne dajo zelenega rezultata v pridelku, če nastopijo nepredvidljive razmere (npr. suša). Za obnovo ruše s

preoravanjem je značilna masovna razgradnja trajnejših oblik organske snovi in ostankov rastlin (korenin) v tleh. Obseg procesa je zelo odvisen od dejavnikov okolja, kot so temperatura, vlaga, tekstura tal ... (Kayser in sod., 2018). Nepalova in sod. (2013) na težjih glinastih tleh na primer ugotavljajo, da je obnova s preoravanjem zmanjšala vsebnost organske snovi v tleh celo za več kot 20 %, največ v prvih nekaj mesecih po oranju (obstajajo tudi izjeme, kjer vpliv ni dokazan – npr. Linsler in sod., 2013). Po sedmih letih tako obnovljene ruše še ni bilo izrazitega povečevanja vsebnosti v smeri približevanja vrednostim pred obnovo ruše

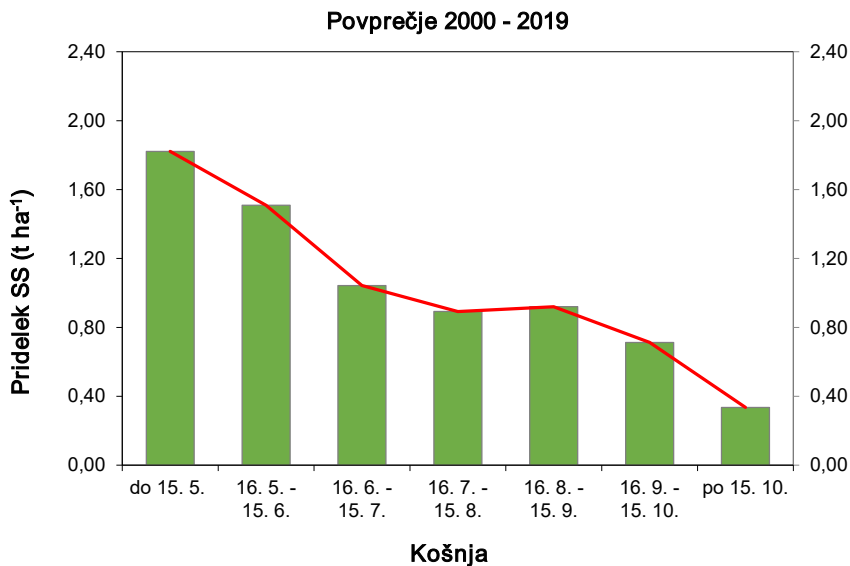
Sodobna in v praksi marsikje že močno uveljavljena alternativa je obnova ruše z vsejavanjem (in dosejavanjem), kjer se izognemo mehanski obdelavi tal in s tem vzpodbujanju mineralizacije organske snovi tal. Obnova ruše z vsejavanjem sicer kratkoročno ne prinese tako bistvenega povečanja pridelka kot obnova z oranjem in novo setvijo, je pa pridelek konstantno dober, tveganja za izpad pridelka pa praktično ni.

3.2.1 Obnova ruše z vsejavanjem in dosejavanjem

Ko govorimo o obnovi ruše z dodajanjem semena izbranih vrst in sort na način, da stare ruše ne uničimo, mnogi v praksi uporabljajo izraz dosejavanje. Vendar tisti natančnejši in boljše poučeni strogo ločijo med izrazoma vsejavanje in dosejavanje. Izraz vsejavanje pomeni neposredno umestitev semena v primerno globino tal (1 do 2 cm, pri rastlinah z nekoliko večjim semenom, kot so ljujke – do 3 cm); to napravimo z v ta namen ustreznimi sejalnicami. Pri dosejavanju seme odvržemo na površino tal (oz. na rušo); to pomeni, da ga posejemo ročno ali z raznimi trosilci semena in gnojil. Pri vsejavanju upravičeno pričakujemo večji uspeh, saj so za kalitev semena v tleh boljše razmere (vlažnost, hranila za začetno rast) kot na površini tal, kjer je tudi večja verjetnost, da seme pojedo živali.

Obnova ruše z vsejavanjem je celostno lahko celo boljša kot popolno uničenje stare ruše in setev na novo, saj pri obnovi z vsejavanjem ni izpada pridelka zaradi uničevanja stare ruše (Elsaesser, 2014). Vendar smo lahko nad uspehom vsejavanja, še posebej pa dosejavanja, tudi precej razočarani. Vzrok za to je največkrat v ne dovoljšnem upoštevanju vplivov obstoječe ruše in v vsejavanju v času, ko vode v tleh primanjkuje.

Rastline obstoječe ruše bodo predvsem s svojo konkurenčnostjo za vodo, svetlobo, hranila in življenjski prostor, torej za pomembne dejavnike okolja za rast rastlin, preprečevale ali zavirale kalitev vsejanega semena in začetno rast sejancev. Zato moramo učinek konkurenčnosti na novo sejane rastline čim bolj zmanjšati. To lahko najbolje dosežemo z izbiro časa vsejavanja, to je z izogibanjem vsejavanja v obdobjih, ko bo obstoječa ruša najbolj konkurenčna. Ta je najbolj konkurenčna takrat, ko tvori največ biomase, to je večinoma v drugi polovici pomladi.

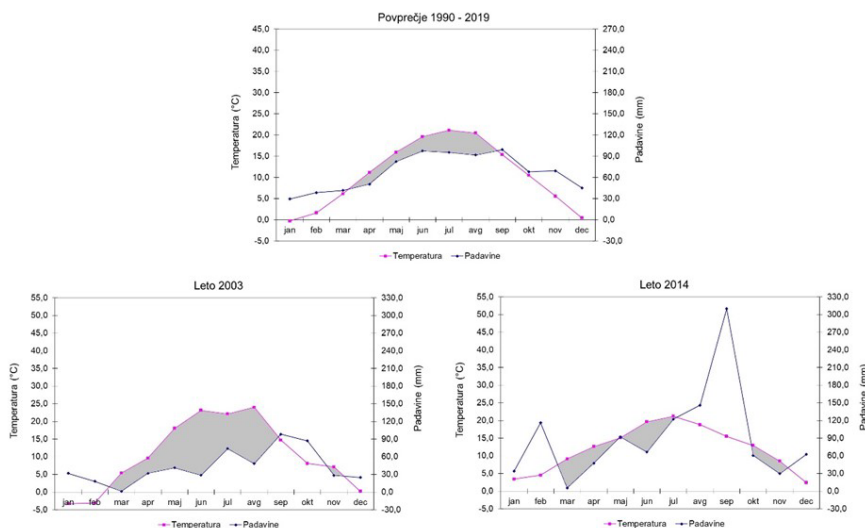


Grafikon 2: Povprečni pridelki suhe snovi krme pri štiritedenski pogostnosti rabe po posameznih mesecih v Pivoli pri Hočah

Dvajsetletno povprečje. Rastišče je v povprečju dobro preskrbljeno z vlago, razen v sušnih letih. Gnojenje: 170 kg N, 100 kg P₂O₅ in 180 kg K₂O ha⁻¹ leto⁻¹. Največji pridelki suhe snovi so v košnjah, ki so izvedene spomladi, to pomeni, da v aprilu in maju ruša intenzivno prirašča. Potem sledi upadanje pridelkov v poletnem času in malo večji pridelki ob koncu poletja. Do zime se nato pridelki samo še zmanjšujejo.

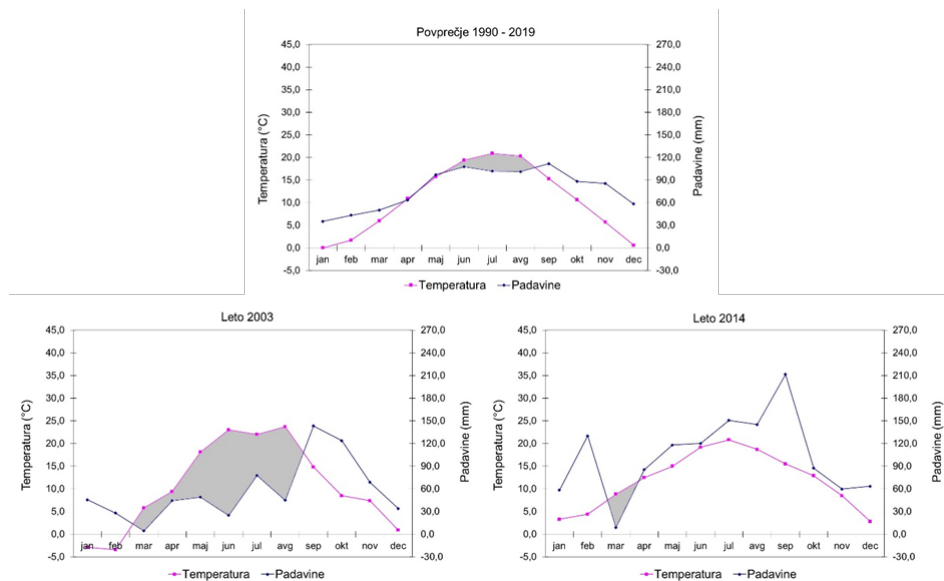
Po vsejavanju mora biti v tleh dovolj toplote in vode za kalitev in začetno rast rastlin. Če upoštevamo toploto in vodo, ki je na voljo, je Slovenija zelo specifična zaradi pogostne poletne suše. Za nižinski del Slovenije sklepamo, da je toplote za kalitev in začetno rast rastlin dovolj že od konca marca naprej, ko postaja vse topleje in vse tja do oktobra, ko se ozračje začne močnejše ohlajati. Količina padavin je v povprečju v vseh teh mesecih velika, posebej v obdobju toplih mesecev (glej Grafikone 3, 4, 5 in 6). Vendar so takrat tudi potrebe rastlin po vodi največje.

Iz grafikonov vidimo, da je padavin v dolgoletnem povprečju v poletnem času po vsej Sloveniji okrog 90 ali več mm mesečno. To bi bilo dovolj za rast travne ruše, vendar predvsem v vzhodnem delu države stolpci s povprečnimi mesečnimi količinami padavin ne dosežejo klimadiagramske rdeče linije, ki prikazuje mesečne povprečne temperature (razmerje temperature : padavine = 1 : 6). To pomeni, da v teh obdobjih rastlinam v povprečnih letih primanjkuje vode za optimalno rast, tudi če so padavine v dolgoletnem povprečju. Nekoliko bolje je, če gledamo klimadiagrame za kraje v osrednji in zahodni Sloveniji. Ker v posameznih letih tudi tam občasno nastopijo ekstremna sušna poletja, kot je prikazano za leto 2003, je tveganje preveliko, da bi vsejavanje na splošno priporočali pred poletjem.



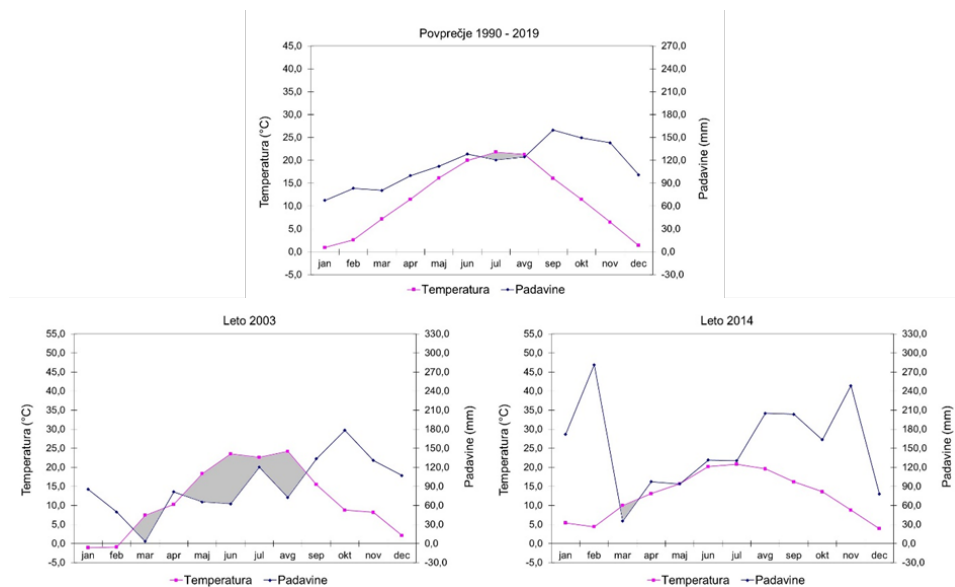
Grafikon 3: Klimadiagram s povprečnimi mesečnimi temperaturami in mesečnimi padavinami (1 : 6) za Mursko Soboto

Zgoraj – dolgoletno povprečje, spodaj – sušno leto 2003 in s padavinami bogato leto 2014.



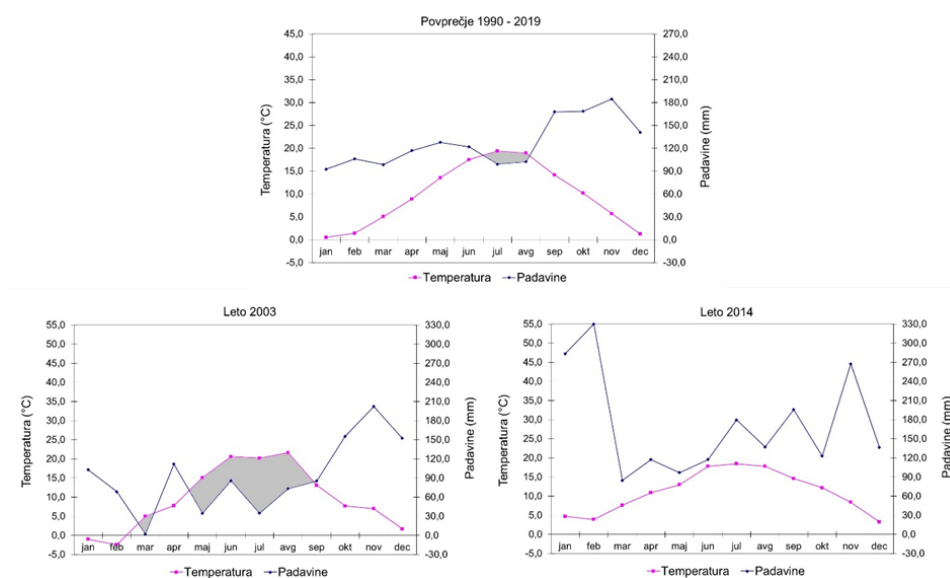
Grafikon 4: Klimadiagram s povprečnimi mesečnimi temperaturami in mesečnimi padavinami (1 : 6) za Maribor

Zgoraj – dolgoletno povprečje, spodaj – sušno leto 2003 in s padavinami bogato leto 2014.



Grafikon 5: Klimadiagram s povprečnimi mesečnimi temperaturami in mesečnimi padavinami (1 : 6) za Ljubljano

Zgoraj – dolgoletno povprečje, spodaj – sušno leto 2003 in s padavinami bogato leto 2014.



Grafikon 6: Klimadiagram s povprečnimi mesečnimi temperaturami in mesečnimi padavinami (1 : 6) za Postojno

Zgoraj – dolgoletno povprečje, spodaj – sušno leto 2003 in s padavinami bogato leto 2014.

Ob upoštevanju navedenega, je lahko zelo primeren čas za vsejavanje zgodaj spomladi, tik preden začne travna ruša rasti. Vendar le v primeru, če je pozimi v ruši propadlo veliko rastlin. Elsaesser (<http://www.gruenland-online.de/html/index.html>) navaja, da spomladi obnovljamo rušo, če je takoj po prezimitvi v ruši približno ena tretjina praznih prostorov. V nasprotnem primeru bodo obstoječe rastline ruše z bujno rastjo v aprilu in maju zelo zasenčevale nove sejance. Torej se bo zmanjšala verjetnost, da bomo z vsejavanjem obstoječo rušo uspešno obnovili. V poletnih mesecih je v primerjavi s spomladanskimi meseci v Sloveniji rast rastlin ruše v nižinah v povprečju precej zmanjšana. Vendar je to predvsem posledica pomanjkanja vode. Če za rast obstoječih rastlin ruše z izgrajenim koreninskim sistemom v tem času ni dovolj vode, ne moremo pričakovati, da bo vode dovolj za kalitev, vznik in začetno rast rastlin po vsejavanju. Ob koncu avgusta in predvsem v septembru je vode v tleh v povprečju že več kot v juniju, juliju in avgustu. Nastopijo razmere, ko zares lahko pričakujemo uspešno obnovo ruše z vsejavanjem. Temperature se znižujejo in rast obstoječe ruše ter s tem konkurenčnost za dejavnike okolja počasi pojenja. Jeseni je toplote še vedno dovolj, da začnejo rasti ob koncu poletja posejane rastline. Za nižinski del Slovenije v praksi priporočamo obnovo ruše

s vsejavanjem v drugi polovici septembra. Višje v hribih pa že nekoliko prej, celo že ob koncu avgusta.

Kot posebej poudarjata Frame in Laidlaw (2011), je za uspešnost vsejavanja po izvedenem ukrepu nujno, da sejančki niso zasenčeni. Zato konkurenčnost obstoječe ruše za svetlobo pri jesenskem vsejavanju močno zmanjšamo s tem, da pred vsejavanjem nizko kosimo oziroma z urejeno pašno rabo po vsejavanju (tudi po spomladanskem) ohranjamo rušo nizko. Živali na pašniku z gaženjem ne bodo uničile toliko sejančkov, da bi to ogrozilo uspešnost vsejavanja.

Uspešnost vsejavanja in dosejavanja je v veliki meri odvisna tudi od rastlinske vrste, ki jo vsejavamo. Za obnovo ruše uporabimo rastišču primerne rastlinske vrste, ki obenem izkazujejo tudi hitro začetno rast. Le takšne rastline se lahko uveljavijo v ruši med že obstoječimi rastlinami. Pri vsem tem ne smemo pozabiti, da je vsejavanje ali dosejavanje ukrep za obnovo ruše tam, kjer z načinom gospodarjenja, to je s pogostno košnjo ali permanentno pašo, zagotavljamo visoko produktivnim rejnim živalim krmo dovolj visoke prebavljivosti. Stranski učinek takega gospodarjenja je, da tistim najboljšim travniškim rastlinam onemogočamo, da bi tvorile seme oziroma - onemogočeno je generativno razmnoževanje teh rastlin. Posledično se zmanjšuje količina in število teh semen v talni banki semena. Travna ruša se potem ne more regenerirati v obliko, kot si jo s proizvodnega vidika želimo.



Fotografija 2: Ruša po uspešno izvedenem vsejavanju

(Foto: Branko Kramberger)

V široki praksi uporabljajo na trajnem travinju na kmetijah z veliko pogostnostjo košnje ali paše za vsejavanje največ trpežno ljuljko. Včasih uporabljajo še druge hitro rastoče, za krmo kakovostne rastline, kot so mnogocvetna ljuljka, travniška bilnica, travniški mačji rep, črna detelja, bela detelja. Na rastiščih, kjer vode pogostno primanjkuje, je uporabna tudi navadna pasja trava.

Kako pogosto izvajamo obnovo ruše z vsejavanjem na teh kmetijah? To je lahko enkratni ukrep, vendar se predvsem v kmetijsko intenzivnejših državah v praksi srečamo s priporočilom: vsejavanje izvedemo enkrat na tri leta. V preostalih letih spomladi z dosejavanjem (npr. pri aplikaciji gnojevke ali mineralnih gnojil) dodamo nekaj kilogramom semena rastlin za obnovo ruše.

3.2.2 Samozasejavanje

Že vso zgodovino se naravno travinje obnavlja s samozasejavanjem. Sčasoma so se razvile rastiščem prilagojene naravne rastlinske združbe. Tudi veliko tako imenovanega polnaravnega travinja se obnavlja s samozasejavanjem, s tem da človek z načinom gospodarjenja dopušča, da je tudi produktivnejšim in kakovostnejšim rastlinam omogočeno, da odcvetijo in odvržejo seme. Posledično imamo tudi v Sloveniji veliko travniških rastlinskih združb na polnaravnem travinju, ki se obnavljajo samozasejavanjem. Večinoma so te rastlinske združbe biotsko pestre in veliko pripomorejo k naravni biodiverziteti slovenske krajine.

Žal je krmna vrednost krme s takega travinja, predvsem takrat, ko se rastline samozasejavajo, prenizka za intenzivno živinorejo, predvsem za mlečno proizvodnjo. Zato na tržno usmerjenih živinorejskih kmetijah krmo pokosijo ali živali krmo popasejo pred tem, ko v ruši odvržejo seme zelo zelene rastline. Zasejavajo se le rastline, ki imajo socvetja toliko nizko, da jih košnja ali paša ne doseže (npr. enoletna latovka), ali tiste, ki cvetijo zelo rano (npr. regrat). Posledično ni dotoka novega semena zelenih rastlin v talno banko semena in ruša se spreminja do te mere, da je potrebna obnova s prej opisanim vsejavanjem.

Vse skupaj ne pomeni, da tudi na takšni intenzivni živinorejski kmetiji ne bi dopustili samozasejavanja zelenih rastlin, če se za to ponudi priložnost. Primer: na travniku, kjer prevladuje trpežna ljuljka se sredi poletja pojavi vroče sušno obdobje. Ljuljka v tem času ne tvori veliko listov, pojavi pa se veliko socvetij. Košnja v tem času zaradi malega pridelka ni smiselna. Če v ruši ni neželenih rastlinskih vrst, kot je npr.

topolistna kislica, ki bi se samozasejavala kot plevel, lahko s košnjo počakamo toliko časa, da ljuljka tvori seme. Po izvedeni košnji z močnim obračanjem krme poskrbimo, da čim več semena pade na tla. Po spravi krme, ki ima za živali v intenzivni reji zaradi nizke prebavljivosti slabo vrednost, je priporočljivo z brananjem ali valjanjem seme spraviti k tlom ali plitvo v tla, da ga ptiči in druge živali manj pojedo. Pri takem samozasejavanju lahko pade na tla tudi do nekaj sto kilogramov semena na hektar, to je bistveno več, kot ga uporabimo pri vsejavanju (približno 30 kg ha⁻¹) izbranih vrst in sort rastlin.

Za ohranjanje biotsko raznolike ruše je dopuščanje samozasejavnja nujno. Seveda mora biti za ohranjanje take ruše tudi preostalo gospodarjenje (gnojenje, pogostnost rabe) temu podrejeno. Poetch in sod. (2013) priporočajo tak način obnove ruše predvsem tam, kjer živali ne potrebujejo krme z zelo visoko prebavljivostjo in visoko energetske vrednostjo.

Ovisno od zelene botanične sestave ruše, lahko iščemo tudi kompromisne rešitve. Krmo zadovoljive kakovosti za živinorejo, kjer ni zahtevana ekstremno visoka prebavljivost, lahko pridelamo tudi na način, da občasno z zelo pozno košnjo (enkrat na dve ali tri leta) dopustimo samozasejavanje, če sestava ruše še ustreza. Preostale košnje izvedemo glede na potrebe po količini in kakovosti krme. Na tak način se poskušamo izogniti vsakršnemu vsejavanju in s tem posledično zmanjšujemo ogljični odtis pridelave krme.

3.3 Rastline ruše

Od rastlin ruše pričakujemo, da dajo ob zmerni količini hranil, dodanih z gnojili, kar največji pridelek biomase. S tem je zadoščeno gospodarskemu interesu pridelave krme in okoljevarstvenemu interesu vezave C v organsko snov. S praktičnega vidika obnove ruše z vsejavanjem to pomeni uporabo sortnega semena najustrežnejših rastišč in načinu rabe primernih vrst in kultivarjev, saj lahko le tako pričakujemo maksimalen pridelek nove biomase (Kramberger in Podvršnik, 2019).

Kot navajata Kramberger in Podvršnik (2019), se večji del dogajanj, vezanih na trajnejšo vezavo C v travniških tleh po gnojenju z živinskimi gnojili in po odmrtnju rastlinskega materiala, odvija v tleh. Na trajnem travinju je večji del trajnejših oblik organske snovi v vrhnjih nekaj centimetrih tal, kjer je večji del koreninskih sistemov travniških rastlin. Odmrle korenine so poglavitni vir sveže organske snovi v tleh,

namenjene razgradnji. Velik del dodajo tudi ostanki nadzemnih delov rastlin, posebej zaradi drobljenja ob sušenju krme. Ob stabilnem nespremenjenem načinu rabe se v vrhnjem sloju tal z leti ustvari ravnovesje med vnosom sveže organske snovi in mineralizacijo. Z ustvarjenim ravnovesjem povečevanje vsebnosti trajnejših oblik organske snovi in s tem nadaljnja vezava C v organsko snov v tem sloju ni več mogoča. Mogoča pa je vezava globlje v tleh, če vpeljujemo ali povečujemo delež rastlin v ruši, ki majo globlji koreninski sistem od že obstoječih rastlin ruše. V svetu se veliko naporov vlaga v žlahtnjenje rastlin za ustvarjanje sort z globokim koreninskim sistemom. S tem dosežemo večjo odpornost rastlin proti suši, obenem bodo odmrle korenine v globljih plasteh tal povečevale vsebnost organske snovi in s tem organsko vezanega C. To ima poleg okoljskega tudi kompleksen pozitiven vpliv na lastnosti tal (Paez-Garcoa in sod., 2015, Marshal in sod., 2016). Razporeditev korenin v večjem volumnu tal in predvsem v globlje plasti zmanjšuje vpliv obdelave tal (tudi minimalne – npr. branje travniških tal) na mineralizacijo organske snovi tal, saj v tem primeru ukrep večjega dela korenin ne doseže (Kell, 2011). Poleg tega pomenijo globlji koreninski sistemi za rastline tudi večjo odpornost proti suši.



Fotografija 3: Biotsko raznolika ruša

Ko govorimo o biotsko raznoliki ruši, največkrat najprej pomislimo na cvetoči travnik. Vendar biotsko raznolikost travinja tvorijo rastline, živali, glive in mikroorganizmi.

(Foto: Kristina Gornik Kramberger)

Globoke koreninske sisteme ruše pridobimo že s pestro botanično sestavo, ki vključuje tudi rastlinske vrste z globokimi koreninskimi sistemi (Sheikh in sod., 2014, Yang in sod., 2019). Tak primer so nekatere zeli in metuljnice.

Zelo pomembna lastnost rastlin z vidika vezave C v tleh je tudi trpežnost rastlin ruše. Daljša kot bo življenjska doba travniške rastline, večja je možnost, da rastlina v celoti izgradi koreninski sistem. Obenem se zmanjšuje potreba po obnovi ruše (Kell, 2011). S tem se zmanjšujejo neposredne emisije toplogrednih plinov zaradi dela ob obnovi ruše. Tudi mineralizacije organske snovi v tleh bo manj.

3.3.1 Metuljnice (Fabaceae Lindl.)

Z vidika vezave C v organsko snov tal imajo metuljnice zelo velik pomen. Na splošno, posebej pa nekatere, imajo zelo globoke korenine, ki slej kot prej predstavljajo odmrlo organsko snov globlje v tleh. To posledično pomeni večjo akumulacijo C tudi globlje v tleh.

S simbiotsko vezavo N iz zraka metuljnice zelo pripomorejo k zmanjševanju ogljičnega odtisa pridelave, zmanjšujejo uporabo N-mineralnih gnojil in pripomorejo k večji akumulaciji C v novo organsko snov. Lüscher in sod. (2014) po številnih avtorjih (Boller in Nösberger, 1987; Ledgard in Steele, 1992; Zanetti in sod., 1997; Carlsson in Huss-Danell, 2003) povzemajo, da metuljnice v ruši simbiotsko vežejo do 380, včasih celo več kg N ha⁻¹ letno. Od tega je v mešanih sestojih od metuljnic neposredno preneseno od 10 do 75 kg ha⁻¹ za rast trav in drugih travniških rastlin (Pirhofer-Walzl in sod., 2012). Simbiotsko vezan N odnesemo s travinja s pridelkom krme ali pa ostane v podzemnih delih metuljnic. Po odmrtnosti korenin se večji del tega N iz organske snovi mineralizira in je kot hranilo dostopen za rast rastlin.

V sestavi naše flore srečamo približno 200 različnih vrst metuljnic (Martinčič in sod., 1999). Velika večina teh uspeva na travinju. Pri mnogih od njih je življenjska doba vsaj nekaj let. Med metuljnicami je z vidika prehrane živali sicer nekaj škodljivih (navadni gladež) ali strupenih (pisana šmarna detelja, navadna jastrebinja), vendar je večina ostalih dobre ali zelo dobre do odlične krmne vrednosti (Kramberger, 1995).





3.3.1.1 Za krmo pomembnejše večletne metuljnice (povzeto in dopolnjeno po Kramberger, 1995)

Lucerna (*Medicago sativa* L.)

Lucerno, nekoč so jo v naših krajih imenovali tudi meteljka, ponekod še danes nemška detelja, pri nas poznamo predvsem kot večletno rastlino za pridelovanje voluminozne krme na njivah. Tu jo sejemo v čisti setvi ali v mešanicah z nekaterimi visokimi travami, kot so navadna pasja trava, travniški mačji rep in travniška bilnica.

V Sloveniji je lucerna na travnikih manj pogostna rastlina in je tja prinesena s semenom (načrtno dodana ob obnovi ruše ali kot raztros semena ob njeni setvi na njivah). Posebej v obdobjih močne suše, ko druge rastline prenehajo rasti, lucerna zaradi bujne rasti na travinju deluje kar nekako tuje. Prav intenzivna rast v sušnih obdobjih pa je najpomembnejši razlog, da je v mešanicah z drugimi rastlinami uporabna tudi za obnovo trajne ruše.

Lucerna je v osnovi velika porabnica vode. Za dobro rast v sušnem obdobju mora biti dobro ukoreninjena. Že v prvem letu rasti razvije zelo globoko srčno korenino, ki v naslednjih letih prodre tudi do nekaj metrov globoko, če so tla propustna in v tem območju ni podtalnice. Za njeno dobro uspevanje so potrebna globoka in rodovitna tla, nevtralne, rahlo kisle ali rahlo alkalne reakcije. Na mokrih tleh z visoko podtalnico slabo uspeva.

Čeprav lahko v literaturi zasledimo, da je lucerna primerna za vse načine rabe, torej za pašo, košnjo za svežo krmo, siliranje, sušenje in dehidracijo, je njena uporaba v Sloveniji večinoma namenjena pridelavi kakovostne silaže ali jo pokrmimo sveže pokošeno. Seveda so za to najbolj uporabne mešanice s travami. V kolikor jo uporabljamo za pridelavo mrve (sena), je tako kot vse v tej knjigi opisane metuljnice v zadnjem stadiju sušenja zelo dovzetna za drobljenje listov in cvetov. Po krmni vrednosti so to visoko kakovostni deli rastline. Zaradi drobljenja je za kakovostno pridelavo mrve (sena) potrebno vključiti dosuševanje.



Črna detelja (*Trifolium pratense* L.)

Črna detelja je v večini svetovnih jezikov poimenovana kot rdeča detelja. Je pogostna rastlina našega avtohtonega travinja. Kot kultivirano dve – do triletno rastlino jo sejemo na njivah v čisti setvi in v travno deteljnih mešanicah, predvsem z italijansko mnogocvetno ljuljko ali travniško bilnico. Zelo je primerna tudi za obnovo trajnega travinja.

Rastne razmere v Sloveniji so zelo primerne za pridelovanje črne detelje. Razširjena je predvsem na rodovitnih srednje vlažnih tleh. Vroča sušna poletja črni detelji ne ustrezajo, prav tako slabo prenese zelo ostro zimo.

Črna detelja je prvenstveno primerna za kosno rabo, čeprav jo živali lahko tudi popasejo. Uporabljamo jo kot presno svežo krmo. Pridelano v travno deteljnih mešanicah ali kot komponento ruše trajnega travinja, črno deteljo tudi siliramo ali sušimo.



Fotografija 6: Črna detelja
(Foto: Matjaž Sagadin)



Švedska detelja (*Trifolium hybridum* L.)

Že iz poimenovanja švedska lahko sklepamo, da je to rastlina hladnejših in vlažnih rastišč. Kot avtohtono jo ponekod srečamo tudi na našem travinju. Naziv hibridna kaže na to, da po morfoloških lastnostih daje videz križanca med črno in belo deteljo, čeprav to ni.

Za pridelovanje krme na njivah švedske detelje nikoli ne pridelujemo v čisti setvi. Kot krmno rastlino jo sejemo le v travno deteljnih mešanicah s travniškim mačjim repom ali travniško bilnico za kosno rabo na vlažnih in mokrih rastiščih.



Fotografija 8: Švedska detelja
(Foto: Janko Verbič)



Bela (plazeča) detelja (*Trifolium repens* L.)

Bela detelja je večletna belo cvetoča metuljnica, ki je v Sloveniji zelo razširjena kot avtohtona rastlinska vrsta. Dobro uspeva na večini naših tal predvsem tam, kjer je za njeno rast na voljo dovolj neposredne sončne osvetlitve (pašniki, zelo pogosto košeni travniki, trate, ob poteh ...).

Zaradi plazečega se stebela je ena maloštevilnih travniških metuljnic, ki zelo dobro prenesejo pašo. Živali ji namreč ob paši odstranijo le liste, plazeča stebela ob tleh pa ostanejo. Ker se plazeča stebela v kolencih ukoreninjajo, lahko predvsem na pašnikih posamezne rastline s plazečo rastjo prekrijejo precej površine tal (vegetativno širjenje rastline).

Pri pridelovanju krme jo ob načrtni setvi kot kultivirano večinoma sejemo le v travno deteljnih mešanicah za pašno in pašno kosno rabo. Največkrat jo srečamo v mešanicah s trpežno ljujko, travniško bilnico, travniškim mačjim repom, travniško latovko in tudi z navadno pasjo travo. Uporabna je tudi za obnovo ruše na pašnikih z vsejavanjem v obstoječo degradirano rušo.



Navadna (rožičkasta) nokota (*Lotus corniculatus* L.)

Navadna ali rožičkasta nokota je v Sloveniji na travinju splošno razširjena rastlina. Čeprav najbolje uspeva na rodovitnih tleh, je za rastne razmere dokaj skromna rastlina, saj uspeva tako na sušnih kot na vlažnih rastiščih in tako na kislih kot alkalnih tleh. Zelo je odporna proti mrazu. Če je s prepogosto košnjo ali pašo ne izčrpavamo preveč in ji rastišče ustreza, bo njena življenjska doba tudi 6 in več let.

Tvori izrazito globok koreninski sistem. To ji omogoča dobro rast tudi v sušnih rastnih razmerah. Obenem po odmrtnju korenin pušča organsko snov in v njej vezan C tudi v globljih plasteh tal.

Krma je odlične kakovosti. Zelo jo cenimo v avtohtoni ruši, kjer ostane trajno navzoča le ob zmerno intenzivni rabi. Za setev v mešanicah priporočamo setev skupaj s travniško bilnico, travniško latovko in navadno pasjo travo. Ljuljke naj bodo v takih mešanicah le v manjšem odstotku zaradi prevelike začetne konkurenčnosti v rasti in razvoju.



Fotografija 11: Rožičkasta nokota

(Foto: Branko Kramberger)

Fotografija 10 (levo): Rožičkasta nokota (Foto: Matjaž Sagadin)



Navadna turška detelja (esparzeta) (*Onobrychis viciifolia* Scop.)

V slovenski agronomski literaturi navadno turško deteljo poimenujemo tudi kot esparzeta. V Sloveniji je na trajnem travinju razširjena predvsem na sušnih lapornih tleh vzhodnega dela države.

Ta večletna rastlina je za krmo odlične kakovosti. Zaradi globokih korenin je zelo odporna proti suši. Primerna je predvsem za srednje intenzivno dve – do trikosno rabo na sušnih rastiščih. V zadnjih desetletjih esparzete nismo uporabljali za obnovo travne ruše, ker semena te rastline na našem trgu praktično ni.



Fotografija 13: Esparzeta
(Foto: Janko Verbič)

Fotografija 12 (levo): Esparzeta (Foto: Janko Verbič)

3.3.2 Trave (*Poaceae* L.)

Trave večinoma predstavljajo 60 in več odstotni delež rastlin v ruši avtohtonega travinja. Na sejnanem travinju je ta delež pogostno še večji. Z vidika pridelave krme jih cenimo, ker z njimi pridelamo veliko maso pridelka in ker imajo ob pravočasni košnji v primerjavi z metuljnicami boljšo energijsko vrednost. Ob strokovno utemeljenem gnojenju in 4-kratni košnji na trajnem avtohtonem travinju pridelamo letno približno 11 t suhe snovi krme ha^{-1} (Mihelič in sod., 2010). Večji del tega pridelka torej pripada travam.

Koreninski sistem trav se močno razlikuje od koreninskega sistema metuljnic. Večina korenin pri travah je v vrhnjem sloju tal (do 15 cm). Globlje jih je malo, čeprav nekatere prodrejo tudi čez meter globoko. Seveda se pri globini in masi korenin trav srečamo z veliko variabilnostjo, odvisno od tal, podnebja, rastlinske vrste, gnojenja, načina rabe ... (Sainju in sod., 2017). Količinsko lahko govorimo o od nekaj ton suhe snovi korenin ha^{-1} do 15 t in več, če so v maso vključene tudi strnike, ki ostanejo po košnji pri tleh (Whitehead, 1995; Caugnon in sod., 2017). Velik del te mase vsako leto odmre in je podvržen procesom mineralizacije, kjer se tvori tudi trajnejša organska snov tal in s tem trajnejša vezava C v tleh. Whitehead (1995) po raznih avtorjih navaja, da odmre vsako leto na travinju v posameznih primerih tudi do 8 t suhe snovi korenin ha^{-1} oziroma večinoma nekaj t ha^{-1} .

Trave so zelo pomembne za povečevanje zalog C v tleh predvsem tam, kjer v vrhnjih slojih tal še ni doseženo ravnovesje med akumulacijo organske snovi in njeno mineralizacijo. Torej tam, kjer je organske snovi v tleh na splošno malo, kot je npr. vrhnji sloj tal po večjih zemeljskih delih, ali če gre za spremembe namembnosti iz njive v trajno travinje. V takih primerih lahko povečevanje trajnejše organske snovi v tleh traja desetletja, preden se ustvari novo ravnovesje. Potter in sod. (1999) za območje osrednjega Texasa navajajo, da bi bilo potrebno skoraj sto let za dvig trajnejše organske snovi v degradiranih njivskih tleh iz vrednosti pod 2 % na skoraj 6 %, kot je na trajnem travinju.





3.3.2.1 Za krmo pomembnejše večletne trave (povzeto in dopolnjeno po Kramberger, 1995)

Bela (orjaška) šopulja (*Agrostis alba* L. (*gigantea* Roth.))

Izmed mnogih vrst šopulj, ki uspevajo v Sloveniji, ima določeno uporabnost za pridelavo krme le bela, imenovana tudi orjaška šopulja, čeprav so tudi pri njej pridelki krme količinsko majhni. Pri nas je splošno razširjena večletna rastlina na srednje težkih in težkih tleh, kjer je veliko vlage. Odporna je na zelo nizke temperature in dalj časa trajajočo snežno odejo, zato je pogosta v hribih. Čeprav se vegetativno širi (blazinasto razraščanje), jo poredko srečamo na nižinskih rodovitnih travnikih. Ker cveti zelo pozno (še le v juniju ali kasneje), ji je zaradi košnje v maju praktično onemogočeno generativno razmnoževanje. V mešanicah za obnovo nižinskih travnikov je kot nizka trava prisotna le izjemoma in še to le v mešanicah za srednje intenzivno pašno rabo.



Travniški lisičji rep (*Alopecurus pratensis* L.)

Travniški lisičji rep je v Sloveniji splošno razširjena srednje visoka do visoka večletna trava v avtohtoni ruši na vlažnih rastiščih. Po razvoju je ena najbolj ranih od za pridelavo krme nekoliko pomembnejših trav. V nižinah prične cveteti že proti koncu aprila, vendar posamezni generativni poganjki iz šopa, ki ga rastlina tvori, zacvetijo tudi kasneje. Cveti torej neenakomerno tudi še v maju. Po kakovosti krme sicer odličen travniški lisičji rep je zaradi svoje ranosti v travno deteljnih mešanicah redko prisoten, čeprav je primeren tako za pašno kot kosno rabo ruše.



Fotografija 16: Travniški lisičji rep
(Foto: Matjaž Sagadin)

Fotografija 15 (levo): Travniški lisičji rep v različnih stadijih cvetenja (Foto: Janko Verbič)



Visoka pahovka (*Arrhenatherum elatius* L.)

V Sloveniji je visoka pahovka zelo pogostna rastlina nižinskih dvo-do trikosnih travnikov na zmerno vlažnih, globokih in rodovitnih tleh. Poznamo jo kot eno od najvišjih trav našega travinja, saj njeni generativni poganjki s socvetji dosežejo tudi meter in pol višine, ali celo več. Tudi takoj po prezimitvi so hitro rastoči poganjki v šopih že izrazito višji od drugih trav ruše. Pri dvo-do trikosni rabi je visoka pahovka večletna. Če pogostnost rabe močno povečamo, oslabi in z leti izgine iz ruše.

Čeprav je do latenja kot krma zelo kakovostna, je v zadnjih desetletjih z intenzifikacijo pridelave krme na travinju oziroma zaradi povečevanja števila košenj visoka pahovka manj prisotna v sejanih travno deteljnih mešanicah. Kljub temu jo ponekod še srečamo v mešanicah za obnovo trajnega travinja za srednje intenzivno kosno rabo.



Fotografija 18: Visoka pahovka v polnem cvetenju
(Foto: Branko Kramberger)

Fotografija 17 (levo): Visoka pahovka v različnih stadijih latenja (Foto: Matjaž Sagadin)



Navadna pasja trava (*Dactylis glomerata* L.)

Navadna pasja trava je v Sloveniji splošno razširjena rastlina, ki uspeva tako na vlažnih kot na sušnih rastiščih. Srečamo jo na gnojenem in negnojenem travinju, na travnikih in pašnikih, skratka, skoraj povsod. Uvrščamo jo med visoke trave. Tvori izrazite šope in je ena od trpežnejših gospodarsko pomembnih trav.

S prehodom v latenje, to je v nižinah konec prve dekade maja, se močno zmanjšuje prebavljivost krme, pridelane z navadno pasjo travo. Zaradi tega je pri živinorejcih z zelo intenzivno mlečno proizvodnjo, ki krmo pridelujejo na rastiščih z dovolj vlage, navadna pasja trava slabo cenjena trava za voluminozno krmo. Povsod tam, kjer so sušna obdobja nekoliko pogostejša, pa je navadna pasja trava odlična rastlina za pridelavo voluminozne krme. Torej je cenjena tako v avtohtoni ruši kot sejana v mešanicah, npr. z lucerno.



Fotografija 20: Navadna pasja trava
(Foto Janko Verbič)

Fotografija 19 (levo): Navadna pasja trava (Foto: Matjaž Sagadin)



Trstikasta bilnica (*Festuca arundinacea* Schreb.)

Trstikasta bilnica je v Sloveniji splošno razširjena večletna trava, ki uspeva na večini naših tal. Uvrščamo jo med visoke trave, saj doseže tudi do meter in pol višine. Tvori izrazite šope in široke, bleščeče se zelene liste, katerih robovi so izrazito ostri. Tudi bili so raskave. Zato trstikasta bilnica ni rastlina, ki bi bila primerna za pašno rabo. Nasprotno, živali jo na pašnikih zelo malo konzumirajo. Posledično se širi in predvsem na strmih površinah, kjer na pašnikih ne izvajamo čistilne košnje, počasi prekriva vedno večjo površino pašnika.

Ker jo odlikujejo veliki pridelki krme in velika odpornost proti suši (globoke korenine z veliko črpalno močjo), žlahtnitelji ustvarjajo sorte, ki bi bile za krmo boljše in so perspektivno primerne predvsem za pridelavo silaže.



Fotografija 22: Trstikasta bilnica v stadiju zorenja
(Foto: Matjaž Sagadin)

Fotografija 21 (levo): Trstikasta bilnica v stadiju cvetenja (Foto: Matjaž Sagadin)



Travniška bilnica (*Festuca pratensis* Huds.)

V Sloveniji je splošno razširjena rastlinska vrsta, ki je pogostejša predvsem v nižinah. Uvrščamo jo med visoke trave. Se šopasto razrašča. Dobro uspeva predvsem na srednje težkih in težkih, z vlago dobro preskrbljenih tleh. Navzoča je tudi na nekoliko sušnih rastiščih.

Po kakovosti za krmo je to ena naših najboljših večletnih trav za pašno in kosno rabo. Zaradi tega je zelo zaželena tako na avtohtonem travinju kot sestavina travno deteljnih mešanic za setev za vse načine rabe.



Rdeča bilnica (*Festuca rubra* L.)

Zaradi raznolikosti in številnih prehodnih oblik je natančno določevanje bilnic na splošno zelo težavno. Slovenska (Korošec, 1989) in svetova literatura (Klap, 1956) omenjata za pridelovanje krme dve pomembni podvrsti rdeče bilnice, ki pa sta precej različni. Tako poznano podvrsto z dolgim gostim šopom in razvejenimi podzemnimi poganjki (ssp. *genuina* Hack) in podvrsto z zbitim kratkim šopom (ssp. *fallax* Thull.).

Rdeča bilnica je v Sloveniji splošno razširjena od nižin do alpskega sveta. Uvrščamo jo med nizke trave in je zelo trpežna rastlinska vrsta. Po kakovosti za krmo ne dosega naših najboljših trav, vendar dobro uspeva tudi tam, kjer boljše trave slabo uspevajo (s hranili revna rastišča, zelo hladno podnebje ...). Ker tudi pridelki krme niso veliki, je primerna predvsem za pašne mešanice na slabših rastiščih.



Mnogocvetna ljuljka (*Lolium multiflorum* Lam.)

Čeprav je razširjena tudi v ruši našega avtohtonega travinja, je mnogocvetna ljuljka primerna predvsem za intenzivno pridelovanje krme v njivskem kolobarju. Za uporabo pri nas je bolj kot enoletna mnogocvetna ljuljka (ssp. *gaudini* Schinz in Kell. (var. *westermoldicum* Wittm.)), uporabna italijanska mnogocvetna ljuljka (ssp. *italicum* Schinz in Kell.), ki v nasprotju s prvo pri nas dobro prezimi in jo zato poznamo kot eno-do dveletno rastlinsko vrsto.

Uvrščamo jo med srednje visoke do visoke trave in se šopasto razrašča. Dobro uspeva na z vlago in s hranili zelo dobro preskrbljenih tleh. Od vseh opisanih trav ljuljke najboljše izkoristijo veliko z gnojenjem dodanega N.

Živali zelo rade zauživajo sveže nakošeno italijansko mnogocvetno ljuljko. Zelo rade jo tudi popasejo, vendar zaradi kratke življenjske dobe ni primerna za trajne pašnike. Zaradi visoke vsebnosti vodotopnih ogljikovih hidratov je odlična za pripravo kakovostne silaže, lahko jo tudi sušimo.

V njivskem kolobarju lahko italijansko mnogocvetno ljuljko sejemo v čisti setvi, vendar jo je zaradi kompleksnih pozitivnih vplivov na okolje in na krmo bolje sejati v mešanicah z metuljnicami. Za dveletno pridelavo jo sejemo skupaj s črno deteljo. Za krajše pridelovanje v obliki prezimnega dosevka so za v mešanico uporabne tudi ozimne grašice in inkarnatka. Slednje mešanice so zelo uporabne tudi kot podorine. V tem primeru nadzemne biomase ne porabimo za krmo, ampak z zaoravanjem povečujemo vsebnost organske snovi v tleh.



Fotografija 26: Mnogocvetna ljuljka konec cvetenja

Klasu mnogocvetne ljuljke je zelo podoben klas trpežne ljuljke, vendar pri slednjem v klaskih ni resic. (Foto: Matjaž Sagadin)



Trpežna (angleška) ljuljka (*Lolium perenne* L.)

Trpežna ljuljka je nizka večletna trava, ki je v Sloveniji splošno razširjena rastlinska vrsta na travinju, predvsem na pašnikih. Čeprav se šopasto razrašča, tvori gosto strnjeno rušo. Najbolje uspeva na zelo rodovitnih in z vlago dobro preskrbljenih tleh.

Ob intenzivnem gnojenju daje velike pridelke zelo kakovostne krme. Zaradi številnih nežnih poganjkov z veliko pri tleh ustvarjenih listov, hitre regeneracije in odpornosti proti gaženju je trpežna ljuljka najpomembnejša pašna trava. Zaradi velike vsebnosti sladkorjev se odlično silira, primerna je tudi ta sušenje krme.

Na kmetijah z intenzivno pridelavo mleka in za ljuljko primernimi rastišči je to najpogostejše uporabljena trava za setev travno deteljnih mešanic za pašno in pašno kosno rabo. V mešanicah je večinoma prisotna v velikem odstotku. Pogosto so v njene mešanice dodane še bela detelja, travniški mačji rep in travniška bilnica.

Zaradi izredno hitre rasti v prvem letu rasti s svojo veliko konkurenčnostjo iz ruše zelo izpodriva druge rastline. V naslednjih letih se njena rast nekoliko umiri, še posebej če primanjkuje vlage ali hranil. Po nekaj letih intenzivne rabe odmre in potrebna je obnova ruše.

Njena velika konkurenčnost takoj po setvi in vse druge prej opisane lastnosti, omogočajo, da trpežno ljuljko pogosto uporabljamo za obnovo ruše z vsejavanjem.

Posebne sorte trpežne ljuljke uporabljamo tudi za ozelenitve tal trajnih nasadov, športna igrišča, okrasne trate in trate za rekreacijo.



Travniški mačji rep (*Phleum pratense* L.)

V Sloveniji je travniški mačji rep razširjen na z vlago dobro preskrbljenem travinju tam, kjer prvo košnjo redno izvajamo šele v juniju ali kasneje. To je večinoma nekoliko višje v hribih. V nižinah ga razen sejanega redko srečamo v ruši, ker je onemogočeno njegovo samozasejavanje. Po času cvetenja je namreč zelo pozna trava in travniki so večinoma že zdavnaj pokošeni, ko šele prične cveteti. Ker se šopasto razrašča, je njegova življenjska doba le nekajletna.

Po kakovosti krme in po pridelkih travniški mačji rep uvrščamo med naše najboljše trave, primerne tudi za zelo intenzivno rabo. Nepogrešljiv je predvsem v vseh mešanicah na nekoliko težjih vlažnih tleh. Pogosto ga srečamo v mešanicah s trpežno ljujko, travniško bilnico in deteljami (belo, črno in švedsko).



Fotografija 29: Travniški mačji rep v klasenju
(Foto: Branko Kramberger)

Fotografija 28 (levo): Travniški mačji rep v cvetenju (Foto: Janko Verbič)



Travniška latovka (*Poa pratensis* L.)

Rod latovk je v svetu in v Sloveniji močno zastopan na travinju tako v številu rastlinskih vrst kot v deležu v ruši, ki ga te rastline predstavljajo. Zato ni naključno, da je celotna rastlinska družina dobila poimenovanje po tem rodu.

Pri pridelovanju krme izmed številnih latovk še najbolj cenimo travniško latovko. Uvrščamo jo med nizke trave. S številnimi pritlikami se izrazito blazinasto širi in tvori gosto strnjeno rušo. Je trpežna rastlina, zelo odporna proti mrazu. Pri nas uspeva praktično povsod.



Krma, ki jo z njo pridelamo, je sicer odlične kakovosti, vendar je pridelka malo. Zaradi tega jo pri pridelovanju krme dodajamo v mešanice le kot dodatek v majhnem odstotku za pašno rabo ali kot dodatek v majhnem odstotku v vse mešanice za zmerno intenzivno rabo.

Bolj kot za pridelovanje krme uporabljamo požlahtnjene sorte travniške in drugih latovk za ozelenitve tal v trajnih nasadih, na športnih igriščih, tratah za rekreacijo in okrasnih tratah.

Fotografija 31: Travniška latovka (v ospredju je tudi ozkolistni trpotec).
(Foto: Matjaž Sagadin)

Fotografija 30 (levo): Travniška latovka (Foto: Matjaž Sagadin)



Rumenkasti (zlati) ovsenec (*Trisetum flavescens* P. Beauv.)

Rumenkasti ovsenec je v strokovni agronomski literaturi v Sloveniji večinoma poimenovan kot zlati ovsenec. Ta srednje visoka trava z izrazitim šopastim razraščanjem uspeva pri nas od nižin do gorskega sveta.

Najbolje uspeva na srednje vlažnih do zmerno sušnih rastiščih. Zelo dobro prenaša nizke zimske temperature, zato zelo dobro uspeva tudi visoko v hribih. Pri dveh do treh košnjah letno je zelo trpežen.

Zaradi povezav s kalcinozo pri prežvekovalcih in zaradi dlakavosti rastline je v Evropi za ustvarjanje nove ruše v manjšem deležu večinoma prisoten le v mešanica za obnovo ruše višje v hribih.



Fotografija 33: Zlati ovsenec
(Foto: Matjaž Sagadin)



Več o naših za krmo najpomembnejših travah in metuljnicah glej v: Kramberger, B., 1995: Pridelovanje krme – izbrana poglavja. UM Visoka kmetijska šola, Maribor, 188 s.

3.3.3 Druge zelnate rastline (zeli)

Poleg trav in travniških metuljnic so v ruši na travinju še številne druge rastlinske vrste, ki jih uvrščamo v različne rastlinske družine. V osnovi jim je skupno to, da so te rastline zelnate in ne spadajo v rastlinsko družino Poaceae ali v družino Fabaceae. Pri pridelovanju krme jih pogosto imenujemo zeli. Z vidika vezave C v organsko snov travniških tal so nekatere pomembne zaradi globokega koreninskega sistema, na splošno pa vse zaradi povečanja biotske raznolikosti ruše. Nekatere imajo zdravilen učinek na živali (Laidl, 2012), druge so cenjene zaradi visoke vsebnosti mineralov (Pirhofer-Walzl in sod, 2011), nekatere pa imajo visoko krmno vrednost zaradi visoke vsebnosti proteinov ali energije (Lukač in sod., 2012). Seveda je v vsej množici teh rastlinskih vrst večina takih, ki z vidika krme nimajo posebne vrednosti. Mnoge izmed njih so živalim škodljive, ali celo strupene. Za pridelovanje krme v ruši trajnega travinja dopuščamo največ 20 do 30 % delež drugih zelnatih rastlin, pa še te bi naj bile večinoma tiste bolj cenjene, ne sme pa biti škodljivih in strupenih (Buchgraber in Gingl, 2004).



3.3.3.1 Nekatere za krmo pomembnejše druge zelnate rastline (zeli)

Navadni potrošnik (*Cichorium intybus* L.)

V Sloveniji je splošno razširjena rastlina od nižin do montanskega pasu (Martinčič in sod., 1999). Pogosto ga srečamo na pašnikih in ob poteh. To medovito večletno rastlino iz družine radičevke (Cichoriaceae) uvrščamo med zdravilne rastline (European Medicines Agency, 2013). Kot užitna rastlina je zelo uporaben tako za človeka kot živali. Požlahtnjenega uporablja človek za kavni nadomestek, še pogosteje pa kot radič v ljudski prehrani.

V svetu so poznane sorte navadnega potrošnika, ki se uporabljajo kot sestavina travno deteljnih mešanice, predvsem za pašno rabo na vseh vrstah tal, tudi na sušnih. Globoke korenine mu namreč omogočajo rast tudi v sušnih razmerah. Zaradi velikih širokih listov je kot požlahtnjen tehnološko nekoliko manj primeren za konzerviranje krme, še posebej, če ga je v ruši veliko. Njegovi sekundarni metaboliti zmanjšujejo pojavnost notranjih parazitov pri malih prežvekovalcih (Neverman, 2018). Navadni potrošnik je bogat z minerali, krmna vrednost požlahtnjenih sort je primerljiva z vrednostjo trpežne ljuljke in črne detelje (Barry, 1998).



Navadni regrat (*Taraxacum officinale* Weber in Wiggers)

Na našem travinju je navadni regrat splošno razširjena rastlina od nižin do subalpinskega pasu (Martinčič in sod., 1999). Pogost je predvsem na travnikih in pašnikih z intenzivno kmetijsko pridelavo, kjer uporabljamo veliko gnojil.

Navadni regrat uvrščamo v družino radičevke (Cichoriaceae). Za človeka je pomemben kot hrana, na splošno je poznan tudi kot zdravilna rastlina, ki vsebuje veliko hranil in biološko aktivnih snovi. Korenine in listi vsebujejo veliko vitaminov (A, K, C in B-kompleks) in mineralov (Ca, Mg, K, Zn, Fe) (Querishi in sod., 2017). Primerjaje z nekaterimi drugimi zeli, ga v prehrani živali odlikuje razmeroma visoka vsebnost proteinov, visoka prebavljivost organske snovi in visoka vsebnost energije (Vondraškova in sod., 2012). V Sloveniji je primerjavo med hranilnimi vrednostmi dvanajstih zeli našega travinja izvedel Lukač s sod. (2010). Tudi on je pri regratu ugotovil visoko vsebnost proteinov in energije.

Zaradi globokih korenin lahko pričakujemo, da nekoliko večji delež regrata v ruši dolgoročno pomeni tudi večje nalaganje C v organski snovi nekoliko globlje v travniških tleh.



Navadni rman (*Achillea millefolium* L.)

Navadni rman je v Sloveniji splošno razširjena rastlina od nižin do alpskega pasu (Martinčič in sod., 1999).

Ta večletna (trajna) rastlinska vrsta iz družine nebinovke (Asteraceae) je splošno poznana v ljudskem zdravilstvu. Cenimo ga tudi kot krmno rastlino, ki uspeva v ruši trajnega travinja na zmerno vlažnih in vse do sušnih rastiščih. Njegova osnovna krmna vrednost (vsebnost energije, proteinov in prebavljivost organske snovi) je skromna v primerjavi z drugimi – boljšimi rastlinami ruše (Vondraškova in sod., 2012). A zaradi ugodnega vpliva na zdravje živali ustvarjajo v svetu sorte navadnega rmana, katerih seme dodajajo v mešanice za obnovo travne ruše, predvsem za pašnike (Rumball, 2005).



Fotografija 37: Navadni rman
(foto: Matjaž Sagadin)



Ozkolistni trpotec (*Plantago lanceolata* L.)

Ozkolistni trpotec uvrščamo v rastlinsko družino trpotčevke (Plantaginaceae Juss.). V Sloveniji uspeva ta večletna rastlina na travinju od nižin do montanskega pasu (Martinčič in sod., 1999).

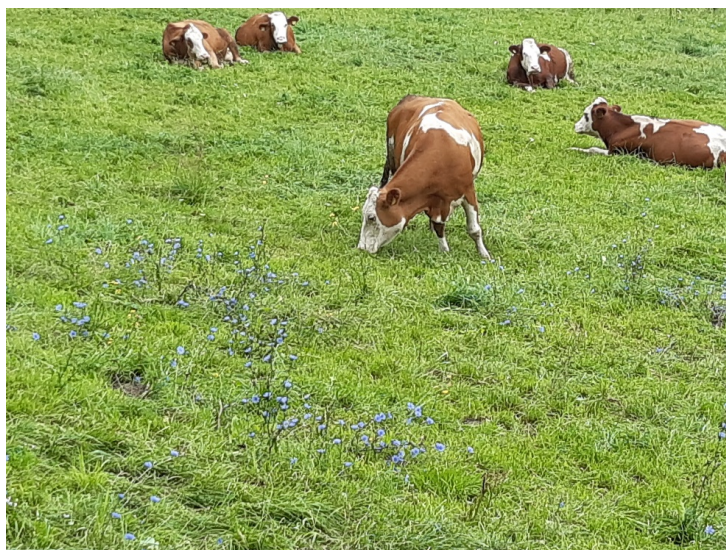
Ozkolistni trpotec je že od starega veka naprej poznana zdravilna rastlina z mnogotero učinkovitostjo (protivnetno, protivirusno, protibakterijsko, spazmolitično in imunostimulativno delovanje, izboljšano izkašljevanje, zmanjšano nastajanje gnojnega izmečka, hitrejše strjevanje krvi – Dular, 2018). Cenimo ga tudi v prehrani živali. Listi so visoko prebavljivi, bogati z minerali. Rastlina dobro prenaša sušne razmere. Zaradi velike uporabnosti za pridelavo voluminozne krme je za ta namen v nekaterih državah prisotno tudi sortno seme. Uporabljajo ga predvsem za travno deteljne mešanice, namenjene tvorbi ruše na pašnikih (Steward, 1996).



Fotografija 39: Ozkolistni trpotec
(Foto: Matjaž Sagadin)

3.4 Raba travinja

Z vidika ogljičnega odtisa pridelave bi v osnovi pašna raba travinja morala imeti prednost pred hlevsko rejo živali že zaradi manjše porabe fosilne energije pri pridelavi krme (Vidrih, 2020). V način rabe travinja zelo vpliva tudi na količino organsko vezanega C v tleh (Conant in sod., 2001). V znanstveni literaturi zasledimo podatke, da naj bi prav pašna raba ruše v primerjavi z drugimi načini povečevala količino organsko vezanega C v tleh (Reeder in Schuman, 2002; Chabi in sod., 2018), vendar, kot v pregledu literature navajajo Han in sod. (2008), veliko drugih avtorjev tega ne potrjuje. Razlike verjetno izhajajo iz različnosti v okolju in predvsem iz različnosti v preskrbi ruše z rastlinskimi hranili v bližnji in daljni preteklosti. V mnogih okoljih so bili namreč pašniki v preteklosti pognojeni bolj kot klasični travniki, saj so poleg mineralnih gnojil prejeli tudi veliko izločkov živali na pašnikih, ki pogosto niso bili vključeni v izračun gnojilnega načrta.



Fotografija 40: Paša živali

V ruši je tudi modro cvetoči navadni potrošnik.

(Foto: Branko Kramberger)

Pri vseh načinih rabe, kjer pridelamo velik pridelek biomase, posledično povečujemo količino organske snovi v tleh in s tem količino organsko vezanega C (Conant in sod., 2001; Amman in sod., 2007). To lahko pričakujemo predvsem pri zmernih pogostnostih košnje ali paše (Bernhardt-Romermann in sod., 2011; Franzluebbbers,

2010), če je v tleh dovolj vlage in če so tla s hranili dobro preskrbljena. Pretiravanje v pogostnosti rabe lahko vodi do manj organsko vezanega C v tleh (Han in sod., 2008). To je posledica zmanjšane rasti koreninskega sistema in plitvih korenin (McInerly in sod., 2010). Končni rezultat je manj odmrle organske snovi v tleh in še ta je locirana blizu površine tal (Kramberger in Podvršnik, 2019).

Zmerna raba na pašnikih pomeni predvsem izogibanje prevelikim obremenitvam ruše oziroma, po vsaki paši bi rastlinam moralo ostati dovolj listne površine, da lahko učinkovito regenerirajo tako nadzemne dele, kot izgrajujejo globok in obsežen koreninski sistem. Slednje ima pozitivne učinke tudi v odpornosti rastlin proti suši. V tej luči bi moral imeti pozitiven vpliv na vezavo C v tleh tudi klasičen pašno kosni sistem ruše, kot ga poznamo v Sloveniji, vendar oprijemljivih dokazov za to v znanstveni literaturi praktično ni. Na nekaterih lokacijah v Evropi so v teku eksaktni poskusi paše živali pri višini ruše, ki je znatno nad tem, kar poznamo kot priporočeno pri nas. V teh poskusih živali veliko krme in s tem organske snovi pogazijo. Na ta način pride v tla veliko organske snovi in nedvomno lahko pričakujemo pozitiven učinek na količino organskega C v tleh. Vendar je tu upravičen dvom v smiselnost take paše, še posebej, če je že doseženo ravnovesje med vnosom organske snovi in mineralizacijo. V tem primeru nadaljnje trajnejše povečevanje vsebnosti organske snovi v tleh ni več mogoče. Res je, da je organska snov v ostarelih rastlinah slabše prebavljiva in bo njen doprinos k trajnejši organski snovi tal večji, kot če dodamo v tla organsko snov zelo mladih rastlin. Vendar, zakaj ne bi ustvarjeno energijo in hranilne snovi v krogotoku najprej oplemenitili kot meso in mleko in samo neprebavljiv del vrnili v tla? Živali iz krme preko prebavil porabijo energijo in druge lahkotopne hranljive snovi, ki bi se v tleh zelo hitro mineralizirale. Neprebavljeno organsko snov živali tako ali tako izločijo na pašnik, kjer predstavlja novo organsko snov tal, del katere se počasi mineralizira (Kramberger in Podvršnik, 2019).

Za kosno rabo ruše velja podobno kot za pašno rabo – ne pretiravati s pogostnostjo košnje. Rastlinski vrsti oziroma botanični sestavi ruše prilagojena optimalna zmerna pogostnost košnje bo omogočila popolno izgradnjo rastline in s tem tudi dobro razvit koreninski sistem. Omogočena bo večja trpežnost rastlin. Po odmrtnosti bo v tleh ostalo veliko organske snovi (tudi globlje). To bo omogočalo povečevanje količin organsko vezanega C.

McEvoy (2019) posebej izpostavlja, da moramo gospodarjenje na travinju organizirati na način, da bodo potrebe po obnovi ruše čim manjše; to dosežemo z optimalno pogostnostjo rabe. Za učinkovito vezavo C v organski snovi tal ne smemo pozabiti tudi na omogočanje razvoja biotsko čim bolj raznolike ruše.

3.4.1 Vpliv pogostnosti košnje ali paše na trpežnost rastlin (povzeto in dopolnjeno po Kramberger, 1995)

Tako pogostnost košnje kot intenzivnost paše vplivata na količino in kakovost pridelane krme ter na življenjsko dobo tistih rastlin, ki imajo sposobnost regeneracije po vsakokratni paši ali košnji. Z vsako košnjo ali pašo rastlinam deloma ali v celoti odstranimo nadzemne organe, to je liste, stebila in socvetja. Večkrat kosne trave, metuljnice in druge zelnate rastline po košnji (ali paši) obnovijo rast z ustvarjanjem novih listov oz. poganjkov (posamezen poganjek je skupek več listov, ki rastejo strnjeno iz istega rastnega vršička). Za razliko od metuljnic pri travah po košnji nadaljujejo z rastjo tudi zelo mladi, razvijajoči se listi, četudi smo jih skoraj v celoti odstranili.

Za uspešno rast novih listov in poganjkov porabljajo rastline ogljikove hidrate in druge hranilne snovi iz korenin, strnik in delov rastline, ki so po defoliaciji (odstranjevanju listov) ostali rastlini (Stichler, 2011). Gre za porabo hranil iz zaloga in za sprotno sintezo hranil v ostankih fotosintetsko aktivnih delih rastline. Ta proces traja, dokler se v novo ustvarjenih listih in poganjkih ne prične sintetizirati dovolj organskih spojin v količini, ki omogoča nadaljnjo rast rastline in ustvarjanje novih zaloga v rastlini, torej tudi v koreninah. Če je pogostnost košnje ali paše velika, je časa za ustvarjanje novih zaloga hranil malo ali ga celo zmanjka. Zato je predvsem pri travah zelo pomemben ostanek listne površine oz. zelenih, fotosintetsko aktivnih poganjkov po košnji ali paši za sprotno obnovo rasti. V tem primeru govorimo o rastlinah, ki imajo liste blizu tal in jih košnja ali zmerna paša ne doseže. Fotosintetsko bodo aktivni le, če ne bodo preveč zasenčeni. Rastlinam, ki jim košnja ali paša odstrani vse fotosintetsko aktivne dele rastline, moramo s primerno pogostnostjo rabe zagotoviti, da v času rasti obogatijo zaloge hranilnih snovi v koreninah in kasnejših strnikah do te mere, da je mogoča uspešna regeneracija rastline.

Med tipične rastline, ki jim s košnjo praviloma odstranimo vso fotosintetsko aktivno površino, lahko uvrstimo lucerno, črno deteljo in visoko pahovko. Tudi drugim rastlinam ruše bo košnja odstranila vse fotosintetsko aktivne dele rastline, če bo rezilo odrezalo poganjke in bili pod višino prvih listov, ali bomo pretiravali s pašo

do te mere, da bodo živali rušo permanentno popasle skoraj do tal. Posledično ni dovolj, da govorimo samo o trajanju obdobja med posameznimi košnjami, ampak tudi o višini rezi pri košnji in o končni višini ruše po paši.

3.4.1.1 Pogostnost košnje pri lucerni in visoki pahovki

Kako vpliva pogostnost košnje na pridelek in trpežnost lucerne, so v samo dveletnem poskusu dokazali Ventroni in sod. (2010). V poskusu so primerjali pridelek lucerne in število preživelih rastlin ob intervalih med košnjami, ki so trajali 40, 30 in 20 dni. Količina pridelka skupno v obdobju dveh let je bila pri 40-dnevnih intervalih med košnjami v primerjavi z 20-dnevnimi več kot podvojena. Odstotek preživelih rastlin po dveh letih rabe je bil v prvem primeru 85 %, v drugem pa le 54 %. Pogostnost košnje poleg tega, da vpliva na količino pridelka, močno vpliva tudi na kakovost krme. Min (2016) je primerjal količino in kakovost pridelka lucerne ob intervalih med košnjami 28, 35, 42 in 49 dni oziroma, izvedel je 5, 4, 4 in 3 košnje letno. Tako kot Ventroni in sod. (2010) je tudi Min ugotovil povečevanje pridelka z daljšanjem intervala med košnjami. Obenem se je zmanjševala vsebnost proteinov in povečevala vsebnost vlaken, topnih v kislem in nevtralnem mediju.

V Sloveniji že leta priporočamo približno 4 košnje lucerne letno (Korošec, 1989, Kramberger, 1995), v toplih letih tudi kakšno več. Če košnje izvajamo pogostejše, bo prebavljivost in vsebnost proteinov zelo visoka, pridelek pa manjši. Tudi trpežnost lucerne bo slabša. Zaradi nalaganja hranilnih snovi v zaloge, izvedemo prvo košnjo lucerne po spomladanski setvi šele v cvetenju, vse naslednje pa do začetka cvetenja. Jeseni je obdobje med predzadnjo in zadnjo košnjo nekoliko daljše prav zaradi nalaganja zalog hranil za uspešno prezimitev. V mesecu septembru je primeren čas košnje povsem na začetku, kasneje v tem mesecu pa ne več. Zaradi nepredvidljivosti vremena je zelo težko določiti datum zadnje košnje (druga polovica oktobra). Po zadnji košnji namreč ne bi smelo biti preveč rasti novih poganjkov, saj se s tem zmanjšujejo zaloge hranilnih snovi v koreninah, ki so potrebne za prezimitev rastline.

Pri lucerni predvidevamo, da bo tak način rabe primeren za 3-do 4-letno rabo, če govorimo o njivski pridelavi čistega posevka. Če je lucerna komponenta trajne ruše, to v Sloveniji zaenkrat ni pogosto, bi ji način naše kosne rabe moral ustrezati za nekajletno prisotnost v ruši. Zaradi zelo globokega koreninskega sistema je za trajno travinje lucerna vsekakor zanimiva tako z vidika pridelave krme v sušnih razmerah, kot z vidika vezave C v organski snovi tal, posebej v globljih plasteh.

D'Anghelo in sod. (2005) so preučevali vpliv pogostnosti košnje in višine rezi na visoko pahovko. Kosili so jo ob vsakokratni višini rastlin 20 cm in višini rastlin 40 cm. Višina rezi pri košnji je bila 5 ali 10 cm. Največje pridelke krme in morfološko najbolj krepke rastline so po dveletni rabi dobili pri košnji ob višini rastlin 40 cm in višini rezi 10 cm. To vsekakor pomeni, da pogostna raba slabi visoko pahovko, kar sta v trajni ruši dokazala tudi Parr in Way (1988). Kot je omenjeno v poglavju 3.3.2.1.3, srečamo visoko pahovko v Sloveniji srečamo na dvo- do trikosnem travinju. Pri večji pogostnosti rabe počasi izgine iz ruše.

3.4.1.2 Vpliv pogostnosti košnje in paše na trajno rušo

Za rušo našega trajnega travinja pravimo, da je polifitna rastlinska združba. Če smo nekoliko natančnejši – v Sloveniji imamo na travinju zelo različne rastlinske združbe zelnatih rastlin. Polifitna združba pomeni, da govorimo o združbi z velikim številom rastlinskih vrst. Slednje pri pridelovanju voluminozne krme uvrščamo bodisi med trave bodisi med metuljnice, ostalo so druge zelne rastline. Rastline iste rastlinske združbe so si v mnogih lastnostih dokaj podobne, sicer ne bi uspevale na istem rastišču. Vendar so po svojih morfoloških in tudi fizioloških lastnostih zelo različne. Prav njihova različnost jim omogoča dobro uspevanje v združbah, saj s tem 'pokrijejo' vse niše za različne dejavnike rasti iz okolja. Različnost rastlin daje pestrost travinju, obenem se moramo zavedati, da je rastlinska sestava združbe dejansko rezultat dejavnikov okolja. Med temi dejavniki moramo izpostaviti pedoklimatske dejavnike za rast rastlin (temperatura, padavine, hranila v tleh, reakcija tal ...), medsebojne vplive med rastlinami (konkurenčnost, alelopatija), vplive živali (paša, izločki, gaženje) in vplive človeka (gospodarjenje, pogostnost košnje, gnojenje ...). Ob dolgoletni stabilnosti dejavnikov okolja se formira specifična združba s specifično rastlinsko sestavo. Ta je relativno stabilna daljše obdobje, še posebej, če se rastline lahko razmnožujejo s samozasejavanjem ali se ohranjajo z vegetativnim širjenjem. Vsaka izrazitejša in trajnejša sprememba v dejavnikih okolja vodi do zmanjševanja deleža nekaterih rastlinskih vrst v ruši in povečevanja deleža drugih. Novo nastale razmere so namreč ugodne za nekatere rastlinske vrste, za druge so manj ugodne in s tem se zmanjšuje njihov delež v sestavi ruše.

Vpliv pogostnosti košnje in paše na rastline ruše in posledično na rastlinsko sestavo ruše je zelo prepleten z vplivi drugih dejavnikov. Občutne spremembe v gospodarjenju (v našem primeru v pogostnosti rabe) vodijo do večjih sprememb v rastlinski sestavi ruše.

Poglejmo primer travniške združbe visoko pahovkovje. V njej prevladujejo značilne rastline, kot so: visoka pahovka, navadna pasja trava, travniška bilnica, travniška črna detelja, ptičja grašica, ripeča zlatica, dvoletni dimek, razprostrta zvončnica, vzhodna kozja brada in še nekatere druge (Kovačević, 1979). V združbi je v manjšem obsegu prisotnih tudi veliko drugih rastlinskih vrst, med njimi je zaradi zmerne gnojenja in posledično dovolj svetlobe pri tleh tudi precej nizkih rastlin z listi blizu površine tal (npr. bela detelja, latovke, pasji rep, trpežna ljuljka, plazeči skrečnik, ozkolistni trpotec ...).

Ta združba se z leti ustvari na svežih, zmerno vlažnih rodovitnih tleh ob zmernem gnojenju in dvo- do trikratni letni košnji. Gledano z vidika intenzivne govedoreje, je prva košnja izvedena relativno pozno – v drugi polovici maja. To pomeni, da lahko večina rastlinskih vrst vsaj občasno tvori seme. Talna semenska banka je s tem bogata s semenom. Na splošno je na trajnem travinju v tleh na enem kvadratnem metru od nekaj tisoč do nekaj 10 000 semen do globine 10 cm (Gselman in Kramberger, 2008).

Z večjimi spremembami, bodisi pedoklimatskimi bodisi v načinih rabe, bomo rastlinsko sestavo te rastlinske združbe v nekaj letih zelo spremenili.

- Če močno povečamo količino rastlinskih hranil v tleh, pogostnosti rabe pa ne bomo spremenili, se bodo ob zadostni količini vlage v tleh visoke rastline zelo razrastle in pričele močnejše zasenčevati rastline, ki imajo liste blizu tal. Zaradi tega slednje, če niso prilagojene za uspevanje v polsenci ali senci, ne morejo sintetizirati dovolj asimilatov za življenje in obnovo rasti po košnji. Počasi slabijo in izginjajo iz ruše. To kaže na večji učinek gnojenja na rastlinsko sestavo ruše v primerjavi s pogostnostjo rabe. V poskusih na pol naravnem travinju sta v Sloveniji to dokazala tudi Čop in Eler (2019).
- Če pogostnost rabe močno povečamo (zelo pogosta košnja, trajna paša), za mnoge od navzočih rastlin v ruši ne bo več dovolj časa, da bi zrastle do končne višine, kaj šele, da bi tvorile seme. Obenem visokim rastlinam odstranjujemo liste, še preden začnejo ustvarjati dovolj asimilatov za polnjene zalog s hranilnimi snovmi. S tem rastline, ki jim s košnjo ali pašo odstranimo večji del asimilativne površine, slabijo in z

leti izginejo iz ruše. Določeno obdobje bo talna banka semena še omogočala njihovo prisotnost v ruši, z leti pa se tudi talna banka semena počasi izprazni. Tu je potrebno dodati, da imajo predvsem trave relativno kratko življenjsko dobo semena v tleh (do nekaj let). Seme mnogih metuljnic in drugih zelnatih rastlin lahko ostane v tleh živo desetletja ali celo več (Gselman in Kramberger, 2008).

Pri zelo pogostni košnji rabi ali trajni paši v ruši nekoč združbe visoko pahovkovje z leti ostanejo le rastlinske vrste, katerih socvetij kosa ali gobec živali ne doseže (npr. enoletna latovka), in predvsem rastline, ki imajo liste blizu tal (nizke trave, bela detelja, regrat ...). Košnja ali paša jim odstrani le del listne površine, z ostalim delom sproti ustvarjajo asimilate za sprotno regeneracijo listov oziroma poganjkov ter polnjenje zalag za uspešno prezimitev.

Dolgoletna pogostna raba ruše torej ne uniči, a se močno spremeni rastlinska sestava ruše in se bo spreminjala še naprej. Tudi rastlinske vrste z večino listov bliže tlam, vendar brez možnosti samozasejavanja, bodo z leti izginile iz ruše. To se zgodi, ko poidejo zaloge semena v tleh in rastline zaradi kakršnega koli razloga, npr. zaradi ekstremne suše, odmrejo. Ostanejo le rastline povsem prizemne rasti, katerih kosa ali gobec živali ne doseže (nekateri latovke, šopolje, ...) in rastline, ki lahko tudi v tem primeru še tvorijo seme ali z vegetativnim širjenjem (pritlike, rizomi) še lahko ostajajo v ruši.

V nekaj odstavkih je prikazana ena od mogočih poti sprememb ene od na travinju številnih rastlinskih združb in sicer združbe visoko pahovkovje. Spremembe so v našem primeru povzročene zaradi sprememb v gospodarjenju. Ob koncu teh opisanih sprememb že zdavnaj več ne govorimo o združbi visoko pahovkovje. Vmesne združbe, ki se tu pojavljajo, lahko temeljijo na navadni pasji travi, trpežni ljujki, ozkolistnem trpotcu, pasjem repu, latovkah ..., vse skupaj odvisno tudi od rastnih razmer. Rastlinska združba visoko pahovkovje se lahko močno spremeni tudi zaradi močnih sprememb v pedoklimatskih dejavnikih, vendar spremembe nikakor ne bodo šle po prej opisani poti. Podobne spremembe lahko pričakujemo v primeru kombinacije sprememb v gospodarjenju in pedoklimatskih dejavnikih.

Spreminjaje rastlinske sestave ruše močno vpliva na produktivnost ruše. To je zelo povezano z gospodarnostjo pridelovanja krme. Izogniti se moramo predvsem izginjanju najboljših in najproduktivnejših vrst v ruši (navadna pasja trava, travniška bilnica, trpežna ljuljka ...). To lahko dosežemo z občasnim omogočanjem samozasejavanja. Tam, kjer nam zahteve po kakovosti krme tega ne dovoljujejo, pa z obnovo ruše. Nikakor namreč ne smemo dovoliti, da v ruši v celoti prevladajo povsem nizke trave. Posledica tega ni samo manjša produktivnost ruše, ampak tudi manjše nalaganje organskega C v tleh, predvsem v nekoliko globlji plasti tal (Kramberger in sod., 2015). Obnova ruše naj temelji na vsejavanju, kot je opisano v poglavju 3.2. Tako z vidika gospodarnosti pridelovanja kot z vidika nalaganja organskega C v tleh, zmanjševanja emisij toplogrednih plinov ipd. bi bilo dobro, da je vsejavanje čim manjkrat nujno potreben ukrep. To dosežemo z omogočanjem pogojev za učinkovito regeneracijo rastlin po paši ali košnji, k čemer veliko pripomore tudi optimalna višina rezi po košnji in ostanek listne površine po paši.

3.4.2 Vpliv višine rezi pri košnji in končne višine rastlin po paši na trpežnost rastlin

3.4.2.1 Košnja

Za trpežnost travniških rastlin je zelo pomembna višina, kjer nadzemne dele rastline odreže kosa. Rastlinam po košnji ostane več ali manj le dno poganjkov, ki nima velike krmne vrednosti, zato s košnjo povsem pri tleh ne bomo povečali količine kakovostnega pridelka krme. Obenem se moramo zavedati, da so ne samo v koreninah, ampak tudi v tem delu rastline hranilne snovi, ki so potrebne za regeneracijo rastline po košnji. Če permanentno s prenizko košnjo odstranjujemo prevelik del dna poganjkov, lahko zelo skrajšamo življenjsko dobo rastlin.

Pri pokončno rastočih metuljnicah prihaja do regeneracije rastline iz brstov na stebelu v neposredni bližini površine tal. Izrazit primer take metuljnice je v svetovnem merilu zelo razširjena lucerna. Čeprav zaradi geofilije lucerna dele rastline, iz katerih se regenerira, sčasoma povleče pod površino tal, lahko z zelo nizko košnjo ta del rastline odstranimo in na ta način lucerno takoj uničimo.

Upoštevajoč navedeno, so priporočila za lucerno, da jo kosimo na višini približno 6 cm (Miller, 2019; Wiersma in Wiederholt, 2020). Da bo košnja lažja in ne bo onesnaževanja pridelka z zemljo, je bolje kositi še kak cm višje.



Fotografija 41: Košnja lucerne

Pri lucerni izvedemo predzadnjo košnjo v rastni dobi v začetku septembra (na sliki), zadnjo pa v drugi polovici oktobra. Dolgo obdobje med predzadnjo in zadnjo košnjo ob postopnem nižanju temperatur omogoča lucerni, da v koreninah nakopiči dovolj rezervnih hranil.

(Foto: Primož Kopač)

Pri travah in trajni ruši so priporočila za višino rezi med 6 in 7 cm, Younie (2012) priporoča za ekološko pridelavo 7 do 8 cm. Krajinski parki priporočajo košnjo na višini celo 10 cm nad tlemi. S tem ostane ruša dovolj visoka, da ob košnji omogoča preživetje številnim žuželkam in malim živali, hkrati pa zmanjšuje preveliko izsuševanje tal (https://www.park-goricko.org/data/attachment/17cc4efa7bf7d9e63c99683dd9d8f53590b8fbf5/1571226064_Krajina_v_harmoniji_Prirocnik_za_kmete_2012.pdf).

3.4.2.2 Paša

Da zagotovimo nemoteno regeneracijo, mora po paši rastlinam ostati nekaj fotosintetsko aktivnih listov oziroma poganjkov. Na ta način omogočimo rastlinam tvorbo novih listov oziroma poganjkov s sprotno sintezo hranil, obenem lahko ustvarjajo tudi dovolj rezervnih hranil za regeneracijo. Omogočanje regeneracije naj

traja vsaj toliko časa, da se v poganjkih po paši tvorijo minimalno 2,5 do 3 novi listi (Genever, 2018).



Fotografija 42: Na pašniku

Na pašnikih velikokrat ostajajo nepopasane rastline, na katerih dozoreva seme. Rastline ostanejo nepopasane ob majhnih obremenitvah pašnika z živalmi. Nekaterih rastlin živali ne konzumirajo, ker so škodljive ali strupene. Kratkoročno ti nepopaseni ostanki paše doprinesejo k povečanju količin organske snovi v tleh. Vendar je 'čistilna' košnja nujna še preden pričnejo te rastline tvoriti seme. Če tega ne napravimo, se bodo te rastline, ki so z vidika krme slabe kakovosti, širile s samozasejavanjem in rastlinska sestava pašnika se bo slabšala.

(Foto: Branko Kramberger)



Fotografija 43: Ovce na rodovitnem pašniku

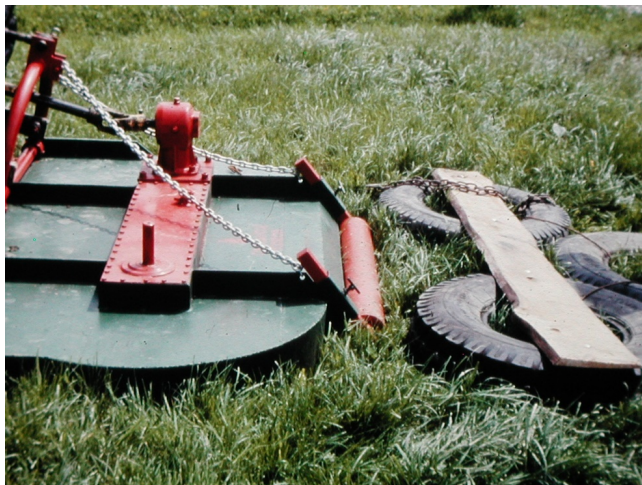
Obilje rastlinskih hranil v tleh dopušča velike obremenitve pašnika z živalmi. Pričakujemo lahko tudi veliko organsko vezanega C v tleh. Vendar mora biti dodajanje rastlinskih hranil z gnojenjem zelo nadzorovano, da ne bo škodljivega izhajanja N v podtalje in atmosfero.

(Foto: Branko Kramberger)

Za uspešno regeneracijo rastlin, živali ne smejo ruše popasti preveč. Večinoma govorimo o končni višini ruše po paši. V angleški literaturi priporočene končne višine ruše po paši temeljijo predvsem na pašnikih trpežne (angleške) ljuljke. Genever (2018) za pašo po čredinkah priporoča končno višino med 4 in 9 cm. Končne višine 4 do 7 cm so namenjene različnim kategorijam drobnice, končne višine med 5 in 9 cm pa različnim kategorijam goveda. Obenem so vse to tudi minimalne višine za pašo živali povprek.

Paša po čredinkah pomeni, da je pašnik razdeljen na več enot, ki jih imenujemo čredinke. S pašo v čredinki prične govedo na višini ruše 12 do 20 cm. Ko rušo popasejo do končne višine, živali prestavimo v drugo čredinko. Paša povprek je paša živali na stalni višini ruše na večji površini pašnika daljše obdobje (tudi do nekaj mesecev). Število živali priredimo temu, da sproti popasejo tisto, kar zraste nad

višino ruše, ki je zaželen na pašniku (več o tem glej v: Kramberger, B., 1995: Pridelovanje krme – izbrana poglavja. UM Visoka kmetijska šola, Maribor, 188 s).



Fotografija 44: Mulčer in priročna vlača

S prekomernim mulčenjem pašnih (npr. po vsaki paši zelo nizko mulčenje), lahko zelo ogrozimo trpežnost najboljših trav in metuljnic.

(Foto: Branko Kramberger)



Fotografija 45: Hrošči govnači

K premeščanju organske snovi globlje v tla lahko pripomorejo tudi hrošči govnači, ki pod živalskim izločkom napravijo do nekaj 10 cm globoko luknjico (na fotografiji levo). V njo spuščajo kroglice blata živali, v katere odložijo jajčeca za svoje razmnoževanje (Kramberger in Podvršnik, 2010). Zato je na pašnikih bolje pustiti izločke živali tam, kjer so. Hroščki jih bodo razmeroma hitro spravili v tla.

Svoj del opravila bodo dodali tudi deževniki.

(Foto: Miran Podvršnik)

Na kmetijah s čredinsko pašo in visokimi obremenitvami pašnika se je v preteklosti (ponekod še danes) uveljavljala praksa 'čiščenja' pašnika govejih izločkov na način, da so ostanke rastlin po paši mulčili do višine 2 do 3 cm. Tako orodje je na Fotografiji 44. Obenem je priročna vlača še dodatno razgrebla trdne izločke živali. Ukrep je bil na prvi pogled zelo učinkovit, vprašljiv pa je dolgotrajni učinek. O smiselnosti ukrepa sicer lahko govorimo, če bo paši v tej čredinki sledila košnja in siliranje pridelka. V slednjem primeru bo manjša nevarnost za onesnaževanje silaže z govejimi izločki in posledično manjša nevarnost kvarjenja silaže zaradi delovanja klostridijev. Če v tej isti čredinki sledi ponovna paša, obstaja v primeru okuženosti živalskih izločkov z notranjimi paraziti večja nevarnost širjenja teh parazitov na zdrave živali, saj smo izločke razporedili po večji površini pašnika (Vidrih, 2005). Vsekakor pomeni prepogosto mulčenje ruše do te višine slabšanje trpežnosti rastlin in večje potrebe po obnovi ruše. To z vidika povečevanja zaloga organskega C v tleh ni ugodno.

Tega ukrepa nikakor ne moremo povezovati s košnjo ostankov rastlin po paši, ki je izvedena na priporočeni končni višini paše. Ta 'čistilna' košnja je namenjena preprečevanju širjenja rastlin, ki jih živali ne popasejo in bi se širile generativno, ali bi samo povečevale svoj delež v ruši zaradi nemotenega razraščanja, saj jih živali niso popasle.

4 Zaključek

Procesi nalaganja in razgradnje organske snovi v tleh so zelo kompleksni, zapleteni in odvisni od številnih dejavnikov. Zaradi zmanjševanja učinka podnebnih sprememb je povečevanje ali vsaj ohranjanje količin v organsko snov trajneje vezanega C v tleh nujno, ni pa enostavno. Že segrevanje ozračja, ki smo mu priča, bo ob dovoljšnjih količinah padavin predvidoma nekoliko povečalo mineralizacijo organske snovi v tleh in s tem zmanjšalo zaloge organskega C v tleh. Zmanjševanje zalog C zaradi mineralizacije organske snovi lahko povzročamo tudi z nepravilnim gospodarjenjem na travinju. Obenem moramo pri gospodarjenju na travinju veliko pozornosti nameniti tudi izpustom drugih toplogrednih plinov, predvsem N-spojnin, ki lahko spremljajo dejavnosti za nalaganje C v organsko snov tal.

Gospodarjenje na travinju, ki bo vodilo do ohranjanja visoke vsebnosti organske snovi v travniških tleh ali do povečevanja le-te, vključuje: obnovo ruše brez vsakršne obdelave tal, maksimiranje pridelkov ob zmernem – strokovno utemeljenem gnojenju, zmerno pogostnost rabe, ki po vsaki rabi preko popolne regeneracije celotne rastline omogoča daljšo življenjsko dobo rastlin in ustvarjanje biotsko raznolike ruše, ki vključuje tudi rastline z zelo globokimi koreninami.



Literatura

- Amman, C., Flechard, C.R., Leifeld, J., Neftel, A., Fuhrer, J., 2007. The carbon budget of newly established temperate grassland depends on management intensity. *Agriculture, ecosystems and Environment* 121, 5-20.
- Amman, C., Spirig, C., Leifeld, J., Neftel, A., 2009. Assessment of the nitrogen and carbon budget of two managed temperate grassland fields. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 113, 150-162.
- Amon, B., Kryvoruchko, V., Amon, T., 2006. Zechmeister Boltenstern S. Methane, nitrous oxide and ammonia emissions during storage and after application of dairy cattle slurry and influence of slurry treatment. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 112,153-162.
- Babnik, D., Žnidaršič-Pongrac, V., Kmecl, V., Sušin, I., Verbič, J., Šegula, B., Žnidaršič, T., Jeretina, J., 2006. Sestava živinskih gnojil v Sloveniji. V: Kapun S in Čeh T (ur.) Zbornik predavanj posvetovanja o prehrani domačih živali 'Zadravčevi-Erjavčevi dnevi'. Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije, Kmetijsko gozdarski zavod Murska Sobota, Slovenija, 272-283.
- Babnik, D., Verbič, J. 2007. Skladiščenje in vrsta živinskih gnojil : gospodarjenje na kmetijah v kontroli priraje mleka. *Kmečki glas*, 64, 2, 8-9.
- Balsari, P., Airoldi, E., Dinucco, E., Gioelli, F., 2007. Ammonia emissions from farmyard manure heaps and Slurry stores-Effect of environmental conditions and measuring methods. *Biosystems Engineering*, 456-463.
- Barry, T.N. 1998. The feeding value of chicory (*Cichorium intybus*) for ruminant livestock. *The Journal of Agricultural Science* 131, 251-257.
- Bernhardt-Romermann, M., Romermann, C., Sperlich, S., Schmidt, W., 2011. *Journal of Applied Ecology* 48, 1088-1097.
- Boller, B.C., Nösberger, J., 1987. Symbiotically fixed nitrogen from field-grown white and red clover mixed with ryegrasses at low levels of ¹⁵N-fertilization. *Plant and Soil*. 104, 219–226.
- Borer, E.T., Seabloom, E.W., Gruner, D.S., Harpole, W.S., Hillerbrand, H., Lindl, E.M., Adler, P.B., Alberti, J., Anderson, T.M., Bakker, J.D., Biedermann, L., Blumenthal, D., Brown, C.S., Brudvig, L.A., Buckley, Y.M., Cadotte, M., Chu, C., Cleland, E.E., Crawley, M.J., Daleo, P., Damschen, E.J., Davies, K.F., DeCrappen, N.M., Du, G., Fim, J., Hautier, Y., Heckmann, R.W., Hector, A., HilleRisLamberts, J., Iribarne, O., Klein, J.A., Knops, J.M.H., La Pierre, K.J., Leakey, A.D.B., Li, W., MacDougall, A.S., McCulley, R.I., Melbourne, B.A., Mitchell, C.E.,

- Moore, J.L., Mortensen, B., O'Halloran, L.R., Orrock, J.L., Pascual, J., Prober, S.M., Pyke, D.A., Risch, A.C., Shuetz, M., Smith, M.D., Stevens, C.J., Sullivan, L.L., Williams, R.J., Wragg, P.D., Wright, J.P., Yang, L.H. 2014. Herbivores and nutrients control grassland plant diversity via light limitation. *Nature* 508, 517-520.
- Brady, N.C., Weil, R.R., 2002. The nature and properties of soils. 13th edition. Upper Saddle River, N.J, Pearson Prentice Hall: 960 str.
- Brevik, E.C., 2013. The potential impact of climate change on soil properties and processes and corresponding influence on food security. *Agriculture* 3, 398-417.
- Brogniez, D., Ballabio, A. C., Stevens, A., Jones, R.J.A., Monatanarella, L., Wesemael, B., 2015. A map of the topsoil organic carbon content of Europe generated by a generalized additive model. *European Journal of Soil Science*, <https://doi.org/10.1111/ejss.12193>.
- Buchgraber, K., Gingl, G., 2004. Zeitgemässe Grünland-bewirtschaftung. Leopold Stocker Verlag, Graz- Stuttgart, 192 s.
- Bussink, D.W., Oenema, O., 1998. Ammonia volatilization from dairy farming systems in temperate areas: a review. *Nutrient cycling in Agroecosystems*, 51, 19-33.
- Carlsson, G., Huss-Danell, K., 2003. Nitrogen fixation in perennial forage legumes in the field. *Plant and Soil* 253, 353-372.
- Caugnon, M., De Swaef, T., Lootens, P., Baert, J., De Frenne, P., Shahidi, R., Roldan Ruiz, I., Reheul, D., 2017. In situ quantification of forage grass root biomass, distribution and diameter classes under two N fertilisation rates. *Plant and Soil* 411, 409-422.
- Chabbi, A., Kramberger, B., et al. Grazing for carbon: Final report. [Brussels: EIP-AGRI], 2018. <https://ec.europa.eu/eip/agriculture/en/publications/eip-agri-focus-group-grazing-carbon-final-report>. Dostop: 18.11. 2020.
- Chadwick, D., Sommer, S., Thorin, R., Fanguero, D., Cardenas, L., Amon, B., Misselbrook, T., 2011. Manure management: Implications for greenhouse gas emissions. *Animal Feed Science and Technology*, 166-167, 514-531.
- Chapuis-Lardy, L., Wrage, N., Metay, A., Chottes I-L., Bernoux, M., 2007. Soil, a sink for N₂O? A review. *Global Change Biology*, 13, 1-17.
- Conant, R. T., Cerri, C.E.P., Osborne, B.B., Paustian, K., 2017. Grassland management impacts on soil carbon stocks: a new synthesis. *Ecological Applications*, 27, 662-668.
- Conant, R. T., Paustian, K., Elliot, E., 2001. Grassland management and conversion into grassland effects on soil carbon. *Ecological Applications*, 11, 343-355.
- Čop, J., Eler, K., 2019. Effect of fertiliser application and cutting regime on temporal differentiation of mesic semi-natural grassland vegetation. *Italian Journal of Agronomy*, 14, <https://doi.org/10.4081/ija.2019.1405>.
- Čop, J., Leskošek, M., 1983. Vpliv gnojenja, tal in načina reje na vsebnost hranil v goveji gnojevki. *Sodobno Kmetijstvo*, 300-302.
- D'Angelo, G.H., Postulka, E.B., Ferrari, L., 2005. Infrequent and intense defoliation benefits dry-matter accumulation and persistence of clipped *Arrhenatherum elatius*. *Grass and Forage Science*, 60, 17-24.
- Dietl, W., Lehmann, J., 2004. *Ökologischer Wiesenbau*. Österreichischer Agrarverlag, 136 S.
- Dinuccio, E., Berg, W., Balsari, P., 2007. Effects of mechanical separation on GHG and ammonia emissions from cattle slurry under winter conditions. *Animal Feed Science and Technology*, 166-167, 532-538.
- Dular, M., 2018. Trpotec, ozkolistni. <https://www.gorenjske-lekarne.si/svetovanje-clanek/trpotec-ozkolistni>. Dostop: 21.7.2020.
- Elsaesser, M. Gruenland-online. (<http://www.gruenland-online.de/html/index.html>). Dostop: 10.10.2019.
- Elsaesser, M., 2014. Grassland renovation and grassland improvement. Agricultural Center for cattle management, grassland, dairy management, wildlife and fisheries Baden-Wuerttemberg (LAZBW Aulendorf). https://web2.mendelu.cz/af_291_projekty/files/19/19-elsaesser_grassland_renovation.pdf. Dostop: 9.10.2019.

- EPA, 2016: Atmospheric lifetime and global warming potential defined. <https://www.epa.gov/climateleadership/atmospheric-lifetime-and-global-warming-potential-defined>. Dostop: 20.7. 2019.
- European Medicines Agency, 2013. Assessment report on *Cichorium intybus* L., radix https://www.ema.europa.eu/en/documents/herbal-report/final-assessment-report-cichorium-intybus-l-radix_en.pdf. (Dostop: 1.4. 2020).
- FAO 2017. Soil Organic Carbon: the hidden potential. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, Italy, 77 pp.
- FAO, 2019: Are grasslands under threat? http://www.fao.org/uploads/media/grass_stats_1.pdf. Dostop: 18.7.2019.
- Finch, H.J.S., Samuel, A.M., Lane, G.P.F., 2002. *Lockhart & Wisemans's crop husbandry in cluding grassland*. Eight edition. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England, 510 pp.
- Fowler, D., Dkiba, U., Hargreavcs, K.I., 1997. Emissions of nitrous oxide from grasslands. In: Jarvis, S.C., Pain, B.F., 1997. Gaseous nitrogen emissions from grassland. CAB International, 147-164.
- Frame, J. F., Laidlaw, A.S., 2011. Improved grassland management. New edition. The Crowood Press, 352 s.
- Franzluebbers, A.J., 2010. Soil organic carbon in managed pastures of the southeastern United States of America. V: Alberton in sod.: Grassland carbon sequestration, policy and economics Proceedings of the Workshop on the role of grassland carbon sequestration in the mitigation of climate change. Rome, April, 2009. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Frost, J.P., 1994. Effect of spreading method, application rate and dilution on ammonia volatilization from cattle slurry. *Grass and Forage Science*, 49, 391-400.
- Galler, J., 1989. Gülle. Leopold Stocker Verlag, Graz-Stuttgart, 127 S.
- Gselman, A., Kramberger, B., 2008. Življenjska doba in alokacija semena v travniških tleh. Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo, 78 s.
- Genever, L., 2018. Planning grazing strategies for Better Returns. AHDB. <https://projectblue.blob.core.windows.net/media/Default/Imported%20Publication%20Docs/Planning-grazing-strategies-for-better-returns.pdf>. Dostop: 10.9.2020.
- Han, G., Fao, X., Zhao, M., Wang, M., Ellert, B.H., Willms, W., Wang, M., 2008. Effect of grazing intensity on carbon and nitrogen in soil and vegetation in a meadow steppe in Inner Mongolia. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 125, 21-32.
- Harrington, K.C., Thatcher, A., Kemp, P.D., 2006. Mineral composition and nutritive value of some common pasture weeds. *New Zealand Plant Protection* 59, 261-265.
- He, N., Yu, Q., Wang, R., Zhang, Y., Gao, Y., Yu, G., 2013. Enhancement of carbon sequestration in soil in the temperate grasslands of northern China by addition of nitrogen and phosphorus. *PLOS ONE* 8, 10, 1-11.
- http://www.apis.ac.uk/overview/pollutants/overview_nh3.htm. Ammonia. Dostop: 22.7. 2020.
- <http://www.arhiv.evropa.ukom.gov.si/si/podnebne-spremembe/pomen-toplogrednih-plinov-v-ozracju/>. Pomen toplogrednih plinov v ozračju. Dostop: 27.7. 2020.
- http://okolje.arso.gov.si/onesnazevanje_zraka/vsebine/toplogredni-plini. Toplogredni plini. Dostop: 27.7. 2020.
- https://www.park-goricko.org/data/attachment/17cc4efa7bf7d9e63c99683dd9d8f53590b8fbf5/1571226064_Krajina_v_harmoniji_Prirocnik_za_kmete_2012.pdf. Dostop: 9.9.2020.
- https://sl.wikipedia.org/wiki/Toplogredni_plin. Toplogredni plin. Dostop: 27.7.2020.
- https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/nitratenitrite2ndadd.pdf. Nitrate and nitrite in drinking-water. Dostop: 22.7.2020.
- Huijsmans, J.F.M., Schröder, J.J., Mosquera, J., Vermeulen, G.D., Ten Berge, H.F.M., Neeteson, J.J., 2016. Ammonia emissions from cattle slurries applied to grassland: should application techniques be reconsidered? *Soil Use and Management*, 32, 109-116.
- James, T., Meyer, D., Esparza, E., Depeters, E.J., Perez-Honti, H., 1999. Effects of dietary nitrogen manipulation on ammonia volatilization from manure from Holstein Heifers. *Journal of Dairy Science*, 82, 2430-2439.

- Kai, P., Pedersen, P., Jensen, J.E., Hansen, M.N., Sommer, S.G., 2008. A whole-farm assessment of the efficacy of slurry acidification in reducing ammonia emissions. *European Journal of Agronomy*, 28, 148-154.
- Kavanagh, I., Burchill, W., Healy, M.G., Fenton, O., Krola, D.J., Lanigan, G.J., 2019. Mitigation of ammonia and greenhouse gas emissions from stored cattle slurry using acidifiers and chemical amendments. *Journal of Cleaner Production*, 237, 1-9.
- Kayser, M., Muller, J., Isselstein, J., 2018. Grassland renovation has important consequences for C and N cycling and losses. *Food and Energy Security*, <https://doi.org/10.1002/fes3.146>.
- Kell, D.B., 2011. Breeding crop plants with deep roots: their role in sustainable carbon, nutrient and water sequestration. *Annals of Botany* 108, 407-418.
- Killham, K., 1994. Soil ecology. Cambridge University Press, 242 pp.
- Klapp, E., 1956. Wiesen und Weiden. Paul Parey, Berlin, Hamburg, 519, s.
- Korošec, J., 1989. Pridelovanje krme, ČZP Kmečki glas, Ljubljana, 181 s.
- Kovačević, J., 1979. Poljoprivredna fitocenologija. SNL, Zagreb, 269 s.
- Kramberger, B., 1995: Pridelovanje krme – izbrana poglavja. UM Visoka kmetijska šola, Maribor, 188 s.
- Kramberger, B., 2017. Vezava ogljika v organsko snov travniških tal = Carbon sequestration in grassland soils. V: Čeh, Tatjana (ur.), Kapun, Stanko (ur.). Zbornik predavanj = Proceedings of the 26th International Scientific Symposium on Nutrition of Farm Animals [being] Zadravec-Erjavec Days 2017, 9th and 10th November 2017. Murska Sobota: Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije, Kmetijsko gozdarski zavod, 63-66.
- Kramberger, B., Podvršnik, M., 2010. Ali poznamo hrošče govnače? Naše travinje, 6, 9-11.
- Kramberger, B., Podvršnik, M., 2019. Vpliv gospodarjenja na travinju na vezavo ogljika v organsko snov tal = Impact of grassland management on carbon sequestration in soil organic matter. V: ČEH, Tatjana (ur.), KAPUN, Stanko (ur.). Zbornik predavanj = Proceedings of the 28th International Scientific Symposium on Nutrition of Farm Animals [being] Zadravec-Erjavec Days 2019, 7th and 8th November 2019. Murska Sobota: Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije, Kmetijsko gozdarski zavod, 109-113.
- Kramberger, B., Podvršnik, M., 2021: Gospodarjenje za ogljik v travniških tleh. Gospodarjenje z ogljikom v travniških tleh = Grassland soil carbon management. V: ČEH, Barbara (ur.), et al. Novi izzivi v agronomiji 2021 : zbornik simpozija = New challenges in agronomy 2021 : proceedings of symposium : spletni simpozij, [28. in 29. januar] 2021. Ljubljana: Slovensko agronomsko društvo. str. 27-34.
- Kramberger, B., Podvršnik, M., Gselman, A., Šuštar, V., Kristl, J., Muršec, M., Lešnik, M., Škorjanc, D., 2015. The effects of cutting frequencies at equal fertiliser rates on bio-diverse permanent grassland: Soil organic C and apparent N budget. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 212, 13-20.
- Külling, D.R., Menzi, H., Kröber, T. F., Nefel, A., Sutter, F., Lischer, P., Kreuzer, M., 2001. Emissions of ammonia, nitrous oxide and methane from different types of dairy manure during storage as affected by dietary protein content. *Journal of Agricultural Science*, 137, 235-250.
- Laidl, S., 2012. Herbs in grassland and health of the dairy herd. <http://www.louisbolck.org/downloads/2681.pdf> (dostop 1.4. 2020).
- Lalor, S.T.J., Schulte, R.P.O., 2008. Low-ammonia-emission application methods can increase opportunity for application of cattle slurry to grassland in spring in Ireland. *Grass and Forage Science*, 63, 531-544.
- Ledgard, S.F, Steele, K.W., 1992. Biological nitrogen-fixation in mixed legume/grass pastures. *Plant and Soil* 141, 137-153.
- Leskošek, M., 1993. Gnojenje. ČZP Kmečki glas, Ljubljana, 197 s.
- Linsler, D., Giessler, D., Loges, R., Taube, F., Ludwig, B., 2013. Temporal dynamics of soil organic matter composition and aggregate distribution in permanent grassland after a single tillage event in a temperate climate. *Soil and Tillage research* 126, 90-99.
- Lukač, B., Kramberger, B., Meglič, V., Verbič, J., 2012. Importance of non-leguminous forbs in animal nutrition and their ensiling properties: a review. *Žemdirbyste=Agriculture* 99, 3-8.

- Lukač, B., Žnidaršič, T., Verbič, J., Verbič, J., Kramberger, B., 2010. Hranilna vrednost nekaterih zeli s trajnega travinja = Nutritive value of some forbs from permanent grasslands. V: Čeh, Tatjana (ur.). Zbornik predavanj = Proceedings of the 19th International Scientific Symposium on Nutrition of Farm Animals: [being] Zdravec-Erjavec Days, Radenci, 11 and 12 November 2010, 19. mednarodno znanstveno posvetovanje o prehrani domačih živali [tudi] Zdravčevi-Erjavčevi dnevi, Radenci, 11. in 12. november. Murska Sobota: Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije, Kmetijsko gozdarski zavod, 275-283.
- Lüscher, A., Mueller-Harvey, I., Soussana, J.F., Rees, R.M., Peyraud, J.L., 2014. Potential of legume-based grassland-livestock systems in Europe: a review. *Grass and Forage Science*, 69, 206-228.
- Marshall, A.H., Collins, R.P., Humphreys, M.W., Scullion, J., 2016. A new emphasis on root traits for perennial grass and legume varieties with environmental and ecological benefits. *Food and Energy Security* 5, 26-39.
- Martinčič, A., Wraber, T., Jogan, N., Ravnik, V., Podobnik, A., Turk, B., Vreš, B., 1999. Mala flora Slovenije. Ključ za določevanje praprotnic in semen. Tehniška založba Slovenije, 845 s.
- McEvoy, R., 2019. Grassland and carbon sequestration. <https://www.teagasc.ie/media/website/publications/2019/Grassland-and-carbon-sequestration.pdf>. Dostop: 4.8.2020.
- McInenly, L. E., Merrill, E.H., Cahill, J.F., Noorallah, G.J., 2010. *Festuca campestris* alters root morphology and growth in response to simulated grazing and nitrogen form. *Functional ecology* 24, 283-292.
- Mihelič, R., Čop, J., Jakše, M., Štampar, F., Majer, D., Tojanko, S., Vrščič, S., 2010. Smernice za strokovno utemeljeno gnojenje, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, Ljubljana, 182 str.
- Miller, D., 2019. Cutting Height in Forages: How Low Can You Go? PennState Extension. <https://extension.psu.edu/cutting-height-in-forages-how-low-can-you-go>. Dostop: 5.8.2020.
- Min, D., 2016. Effects of Cutting Interval between Harvests on Dry Matter Yield and Nutritive Value in Alfalfa. *American Journal of Plant Sciences*, 7, 1226-1231.
- Misselbrook, T.H., Smith, K.A., Johnson, R.A., Pain, B.F., 2002. Slurry application techniques to reduce ammonia emissions: results of some UK field-scale experiments. *Biosystems Engineering*, 81, 313-321.
- Mkhabela, M.S., Gordon, R., Burton, D., Smith, E., Madani, A., 2009. The impact of management practices and meteorological conditions on ammonia and nitrous oxide emissions following application of hog slurry to forage grass in Nova Scotia. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 130, 41-49.
- Möller, K., Stinner, W., 2009. Effects of different manuring systems with and without biogas digestion on soil mineral nitrogen content and on gaseous nitrogen losses (ammonia, nitrous oxides). *European Journal of Agronomy*, 30, 1-16.
- Murphy, P.N.C., O'Connell, K.O., Watson, S., Watson, C.J., Humphreys, J., 2013. Seasonality of nitrogen uptake, apparent recovery of fertilizer nitrogen background nitrogen supply in two Irish grassland soils. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 52, 17-38.
- Necpalova, M., Li, D., Lanigan, G., Casey, I.A., Burchill, W., Humphreys, J., 2013. Changes in soil organic carbon in a clay loam soil following ploughing and reseeded of permanent grassland under temperate moist climatic conditions. *Grass and Forage Science* 69, 611-620.
- Neverman, L., 2018. Chicory – Prebiotic, Coffee Substitute, Health Tonic. https://commonsensehome.com/chicory/#Chicory_Forage. Dostop: 1.4. 2020.
- NOAA study, 2011. Slowing climate change by targeting gasses other than carbon dioxide <https://www.co2meter.com/blogs/news/3792112-noaa-study-slowing-climate-change-by-targeting-gases-other-than-carbon-dioxide>. Dostop: 27.7.2020.
- Paez-Garcia, A., Motes, C.M., Scheible, W.R., Chen, R., Blancaflor, E.B., Monteros, M.J., 2015. Root traits and phenotyping strategies for plant improvement. *Plants* 4, 334-355.
- Parr, T.W., Way, J.M., 1988. Management of a roadside vegetation: the long-term effect of cutting. *Journal of Applied Ecology*, 25, 1073-1087.
- Paul, J.W., Dinn, N.E., Kannangara, T., Fisher, L.I., 1998. Protein content in dairy cattle diets affects ammonia losses and fertilizer nitrogen value. *Journal of Environmental Quality*, 27, 258-534.
- Petersen, S.O., Sommer, S.G., 2011. Ammonia and nitrous oxide interactions: Roles of manure organic matter management. *Animal Feed Science and Technology*, 166-167, 503-513.

- Pirhofer-Walzl, K., Rasmussen, J., Høgh-Jensen, H., Eriksen, J., Soegaard, K., Rasmussen, J., 2012. Nitrogen transfer from forage legumes to nine neighbouring plants in a multi-species grassland. *Plant and Soil* 350, 71–84.
- Pirhofer-Walzl, K., Soegaard, K., Høgh-Jensen, H., Eriksen, J., Sanderson, M.A., Rasmussen, J., Rasmussen, J., 2011. Forage herbs improve mineral composition of grassland herbage. *Grass and Forage Science* 66, 415–425.
- Poetsch, E.M., Resch, R., 2008. Nitrogen efficiency of farm manure on permanent grassland in mountainous regions. V: Hopkins, A., Gustafsson, T., Berilsson, J., Dalin, G., Nilsdotter-Linde, N., Sporndly, E. (ur.). *Biodiversity and Animal Feed. Future Challenges for Grassland Production. Proceedings of the 27th General Meeting of the European Grassland Federation*, Uppsala, Sweden. 9-12. June 2008. *Grassland Science in Europe*, Vol. 13. Organising Committee of the 22nd General Meeting of the European Grassland Federation, Swedish University of Agricultural Sciences, 299–301.
- Pol-van Dassel, van den A., Chabbi, A., Cordovil, C.S.C., Marques dos Santos, De Villegier, A., Dean, M., Hennessy, D., Hutchings, N., Klumpp, K., Kramberger, B., 2018. Grazing for carbon. V: Horan, B. (ur.). *Sustainable meat and milk production from grasslands: Proceedings of the 27th General Meeting of the European Grassland Federation*, Cork, Ireland, 17-21 June 2018, (*Grassland Science in Europe*, Vol. 23). Cork; Wageningen: The Organising Committee of the 27th General Meeting of the European Grassland Federation: Wageningen Academic Publishers. cop. 2018, 682–684.
- Potter, K. N., Torbert, H. A., Johnson, H. B., Tischler, C. R., 1999. Carbon storage after long-term grass establishment on degraded soils. *Soil Science* 164, 718–725.
- Pötsch, E.M., Graiss, W., Resch, R., Krautzer, B., 2013. Grassland renovation by natural self-seeding. V: Áslaug Helgadóttir and Alan Hopkins (ur.). *The Role of Grasslands in a Green Future : Proceedings of 17th Symposium of the European Grassland Federation* Akureyri, Iceland 23-26 June 2013 (*Grassland Science in Europe*, Vol. 18). Published by Organising Committee of the 17th Symposium of the European Grassland Federation 2013 and Agricultural University of Iceland (AUI) Hvanneyri IS-311 Borgarnes Iceland, 490–492.
- Pravilnik o pitni vodi*. 2004. Uradni list Republike Slovenije, 14, 2155–2164.
- Querishi, S., Adil, S., Abd El-Hack, M.E., Alagaway, M., Farag, M.R., 2017. Beneficial uses of dandelion herb (*Taraxacum officinale*) in poultry nutrition. *World's Poultry Science Journal*, 73, 591–602.
- Reeder, J.D., Schuman, G.E., 2002. Influence of livestock grazing on C sequestration in semi-arid mixed grass and short-grass rangelands. *Environmental Pollution* 116, 457–463.
- Rees, R.M., Bingham, L.J., Baddeley, J.A., Watson, C.A., 2005. The role of plants and land management in sequestering soil carbon in temperate arable and grassland ecosystems. *Geoderma*, 128, 130–154.
- Rumball, W., 2005. 'GO152' forage yarrow (*Achillea millefolium* L.). *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 48, 419–420.
- Sainju, U.M., Allen, B.L., Lennsen, A. W., Ghimire, R. P., 2017. Root biomass, root/shoot ratio, and soil water content under perennial grasses with different nitrogen rates. *Field Crop Research* 210, 183–191.
- Sartor, L.R., Assmann, T.S., Soares, A.B., Adami, P.F., Assmann, A.L., Pitta, C.S.R., 2011. Nitrogen fertilizer use efficiency, recovery and leaching of an alexandregrass pasture. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo* 35, 1–9.
- Shah, S.H.H., Li, Y., Wang, J., Collins, A.L., 2020. Optimizing farmyard manure and cattle slurry applications for intensively managed grasslands based on UK-DNDC model simulations. *Science of The Total Environment*, 714, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136672>. Dostop: 28.7. 2020.
- Sheikh, A.Q., Skinder, B.M., Pandit, A.K., Ganai, B.A., 2014. Terrestrial carbon sequestration as a climate change mitigation activity. *Pollution Effects and Control* 2, 110, doi: 10.4172/jpe.1000110
- Slekovec, M., 2010. Splošna in anorganska kemija. Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede UM, 261 s.

- Soussana, J.F., Loiseau, P., Vuichard, N., Ceschia, E., Balesdent, J., Chevallier, T., Arrouays, D., 2004. Carbon cycling and sequestration opportunities in temperate grasslands. *Soil Use and Management* 20, 219-230.
- Sommer, S.G., Hutchings, N.J., 1997. Components of Ammonia volatilization from cattle and sheep production. In: Jarvis, S.C., Pain, B.F., Gaseous nitrogen emissions from grassland. CAB International, 79-93.
- Sommer, S.G., Hutchings, N.J., 2001. Ammonia emissions from field applied manure and its reduction- invited paper. *European Journal of Agriculture*, 15, 1-15.
- Sommer, S.G., Jensen, L.S., Clausen, S.B., Sagaard, H.T., 2006. Ammonia volatilization from surface-applied livestock slurry as affected by slurry composition and slurry infiltration depth. *Journal of Agricultural Science*, 144, 229-235.
- Sommer, S.G., Olesen, J.E., Christensen, B.T., 1991. Effects of temperature, wind and air humidity on ammonia volatilization from surface applied cattle slurry. *The Journal of Agricultural Science*, 117, 91-100.
- StatWeb, 2016. V Sloveniji je čedalje manj kmetijskih gospodarstev, po obsegu kmetijske proizvodnje pa so čedalje večja. <https://www.stat.si/StatWeb/News/Index/6208>. Accessed, 18.7.2019.
- Stewart, A.V., 1996. Plantain (*Plantago lanceolata*) – a potential pasture species. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*, 58, 77–86.
- Stichler, C., 2011. Grass growth and development. http://counties.agrilife.org/kerr/files/2011/09/grass-growth-and-development_3.pdf. Dostop: 5.8.2020.
- Sušin, J., Vrščaj, B., Vernik, T., Verbič, F., Jeretina, J., Zagorc, B., Rednak, M., Glad, J., Bergant, J., Čuden, I., 2009. Poročilo o izvedbi strokovnih nalog za Ministrstvo za okolje in prostor v letu 2008 in 2009: končno poročilo, (KIS - Poročila o strokovnih nalogah, 123). Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije. 107 str.
- Sutton, M.A., Place, C.J., Eager, M., Fowler, D., Smith, R.I., 1995. Assessment of the magnitude of ammonia emissions in the United Kingdom. *Atmospheric Environment*, 29, 1393-1411.
- Sutton, M.A., Erisman, J.W., Dentener, F., Möler, D., 2008. Ammonia in the environment: From ancient times to the present. *Environmental Pollution*, 156, 583-604.
- Uredba o varstvu voda pred onesnaževanjem z nitrati iz kmetijskih virov. 2009, 2013, 2015, 2017. Uradni list Republike Slovenije, 15513-15529.
- Uredba o spremembah in dopolnitvah uredbe o varstvu voda pred onesnaževanjem z nitrati iz kmetijskih virov. 2013. Uradni list Republike Slovenije, <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED5124>. Dostop: 2.6. 2021.
- Uredba o spremembah in dopolnitvah uredbe o varstvu voda pred onesnaževanjem z nitrati iz kmetijskih virov. 2015. Uradni list Republike Slovenije, 2348-2351.
- Uredba o spremembah in dopolnitvah uredbe o varstvu voda pred onesnaževanjem z nitrati iz kmetijskih virov. 2017. Uradni list Republike Slovenije, 1660-1661.
- VanderZaag, A.C., Jayasundara, S., Wagner-Riddle, C., 2011. Strategies to mitigate nitrous oxide emissions from land applied manure. *Animal Feed Science and Technology*, 166-167, 464-479.
- Van der Stelt, B., Temminghoff, E.J.M., Van Vleet, P.C.J., Van Rimsdijk, W.H., 2007. Volatilization of ammonia from manure as affected by manure additives temperature and mixing. *Bioresource Technology*, 98, 3449-3455.
- Ventroni, L.M., Volenec, J.J., Cangiano, C.A., 2010. Fall dormancy and cutting frequency impact on alfalfa yield and yield components. *Field Crops Research*, 119, 252–259.
- Verbič, J., 2015. Izpusti toplogrednih plinov v slovenskem kmetijstvu. V: Prilaganje in blaženje učinkov podnebnih sprememb v kmetijskih ekosistemi v smeri izvajanja učinkovitih ukrepov. Ljubljana: Kmetijski inštitut Slovenije = Agricultural Institute of Slovenia, http://www.kis.si/f/docs/Obvestila/3_Izpusti_toplogrednih_plinov_v_slovenskem_kmetijstvu.pdf. Dostop: 5. 11. 2020.
- Verbič, J., 2019. Emisije toplogrednih plinov v kmetijstvu. Ukrepi v kmetijstvu. Podnebno ogledalo 2019. <https://www.podnebnapot2050.si/wp-content/uploads/2019/06/Emisije-v-kmetijstvu-PodnebnoOgledalo-2019.pdf>. Dostop: 27.7. 2020.

- Verbič, J., 2019. Učinkovitejša kroženje dušika v kmetijstvu - bruto bilančni presežek dušika: [PO15]. Kazalci okolja v Sloveniji. <http://kazalci.arso.gov.si/sl/content/ucinkovitejse-krozenje-dusika-v-kmetijstvu-bruto-bilancni-presezek-dusika>. Dostop: 5.11. 2020.
- Verbič, J., 2020. Svetovalni kodeks dobrih kmetijskih praks za zmanjšanje izpustov amonijaka. Kmetijski inštitut Slovenije, 28 s.
- Verbič, J., Babnik, D., Sušin, J., 2017. Koliko rastlinskih hranil vsebujejo živinska gnojila. Kmetovalec, februar, 8-10.
- Verboon, M.C., 1995. Reduction of ammonia emission from cubicle houses and slurry storage. In: Luten, W., Snoek, H., Schukking, S., Verboon, M. Applied research for sustainable dairy farming. Proceedings of the Symposium. Research Station for Cattle, Sheep and Horse Husbandry, Lelystadt, Netherland, 32-35.
- Vondraškova, B., Čermak, B., Martinkova, L., Brouček, J., 2012. Examination of the nutritional quality of forbs from mountainous pastures in the south western Bohemia region. Ekologia, 31, 231-237.
- Vidrih, M., 2020. Več ogljika v zemljo. Naše travinje, 14, 17-19.
- Vidrih, T., 2005. Pašnik, najboljše za živali, zemljo in ljudi. Kmetijska založba, Slovenj Gradec, 172 s.
- Whitehead, D.C., 1995. *Grassland Nitrogen*. CAB International, Wallingford. 397 pp.
- Whitehead, D.C., 2000. *Nutrient Elements in Grassland*. CABI Publishing, Wallingford, 369 pp.
- Wiersma, D.W., Weiderholt, R., 2020. Alfalfa Cutting Height to Maximize Forage Yield and Quality. Team forage. Division of Extension. University of Wisconsin. <https://fyi.extension.wisc.edu/forage/alfalfa-cutting-height-to-maximize-forage-yield-and-quality-2/>. Dostop: 6.8.2020.
- Wightman, P.S., Franklin, M.F., Younie, D., 1996. The response of mini-swards of perennial ryegrass/white clover to simulated rainfall following slurry application. Grass and Forage Science, 51, 325-332.
- Yagüe, M.R., Guillén, M., Quílez, D., 2011. Effect of covers on swine slurry nitrogen conservation during storage in Mediterranean conditions. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 90, 121-132.
- Yang, Y., Tilman, D., Furey, G., Lehman, C., 2019. Soil carbon sequestration accelerated by restoration of grassland biodiversity. Nature Communications 10, Article number: 718 (www.nature.com/articles/s41467-019-08636-w).
- Younie, D., 2012. Grassland Management for Organic Farmers. The Crowood Press, 208 pp.
- Zanetti, S., Hartwig, U.A., van Kessel, C., Lüscher, A., Hebeisen, T., Frehner, M., Fischer, B.U., Hendrey, G.R., Blum, H., Nösberger, J., 1997. Does nitrogen nutrition restrict the CO₂ response of fertile grassland lacking legumes? Oecologia. 112, 17–25.
- Zistl-Schlingmann, M., Feng, J., Kiese, R., Stephan, R., Zuazo, P., Willibald, G., Wang, C., Butterbach-Bahl, K., Dannenmann, M., 2019. Dinitrogen emissions: an overlooked key component of the N balance of montane grasslands. Biogeochemistry, 143, 15–30.

GOSPODARJENJE NA TRAVINJU ZA OGLJIK IN UČINKOVITA RABA DUŠIKA IZ GNOJEVKE

BRANKO KRAMBERGER IN MIRAN PODVRŠNIK

Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Hoče, Slovenija
E-pošta: branko.kramberger@um.si, miran.podvrsnik@um.si

Povzetek Povečane koncentracije toplogrednih plinov v atmosferi vodijo v segrevanje planeta. Z gospodarjenjem na travinju lahko vplivamo na vezavo ogljika v organsko snov travniških tal in s tem zmanjšujemo koncentracije toplogrednega CO₂ v ozračju. Po uvodnih poglavjih so v znanstveni monografiji analizirani vplivi gnojenja, kjer je poseben poudarek na učinkoviti rabi N iz gnojevke. Opisani so sodobni načini obnove travinja in za pridelovanje krme najpomembnejše rastline, ki tvorijo rušo. Delo zaključujejo načini rabe ruše, ki omogočajo ohranjanje ali povečevanje organskega ogljika v travniških tleh.

Ključne besede:

gospodarjenje na travinju, gnojenje, ogljikov dioksid, organski ogljik, tla, travinje

GRASSLAND MANAGEMENT FOR CARBON AND EFFICIENT USE OF NITROGEN FROM SLURRY

BRANKO KRAMBERGER & MIRAN PODVRŠNIK

University of Maribor, Faculty of Agriculture and Life Sciences, Hoče, Slovenia
E-mail: branko.kramberger@um.si, miran.podvršnik@um.si

Abstract Increased concentrations of greenhouse gases in the atmosphere lead to global warming of the planet. Grassland management influences soil organic matter levels. We can increase the accumulation of organic matter and organic carbon in grassland soils and thus reduce the concentrations of greenhouse CO₂ in the atmosphere. After the introductory chapters, the scientific monograph analyses the effects of fertilisation where special emphasis is placed on the efficient N use from slurry. In continuation, modern methods of grassland renovation and the most important plants for forage production are described. The work is completed by grazing and cutting managements, which can preserve or increase the level of grassland soil organic carbon.

Keywords:

fertilization,
grassland
management,
carbon
dioxide,
organic
carbon,
soil,
grassland







Univerza v Mariboru

Fakulteta za kmetijstvo
in biosistemske vede

