

OCENJEVANJE ENERGIJSKE VREDNOSTI MRVE *

Drago BABNIK ^{a)}, Jože VERBIČ ^{b)} in Tomaž ŽNIDARŠIČ ^{c)+}

^{a)} Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova 17, SI-1000 Ljubljana, Slovenija, znanstveni svetnik, dr., mag., e-pošta: drago.babnik@kis-h2.si.

^{b)} Isti naslov, višji znanstveni sodelavec, dr., mag.

^{c)} Univ. v Ljubljani, Biotehniška fak., Odd. za zootehniko, Groblje 3, SI-1230 Domžale, Slovenija.

+ Sedaj isti naslov kot ^{a)}.

Delo je prispelo 12. septembra 2001, sprejeto 08. oktobra 2001.

Received September 12, 2001, accepted October 08, 2001.

IZVLEČEK

Z *in vitro* metodo, ki temelji na plinu razvijajočem se pri inkubaciji vzorcev z vampnim sokom, smo ocenili vsebnost neto energije za laktacijo (NEL) 100 vzorcem mrve zbranimi v letih 1999 in 2000. Vrednosti smo primerjali z ocenami, pridobljenimi z običajnimi postopki ocenjevanja NEL v slovenskih laboratorijih, to je na podlagi kemične sestave ter prebavljivostnih koeficientov iz preglednic ali ob pomoči regresijskih enačb iz literature. Ugotovili smo, da so na podlagi preglednic DLG (1982) ocenjene vsebnosti NEL v mrvi odstopale od *in vitro* ocenjenih vrednosti za $-0,22 \pm 0,35$ MJ NEL kg^{-1} sušine (SS). Ocene na podlagi novejših DLG (1991) preglednic so odstopale od *in vitro* ocenjenih vrednosti za $0,25 \pm 0,31$ MJ, na podlagi DLG (1997) za $0,20 \pm 0,33$ MJ ter na podlagi enačb GfE (1998) za $0,16 \pm 0,33$ MJ NEL kg^{-1} SS. Ocene z enačbo po Stekarjevi in sod. (1994) so v povprečju odstopale od *in vitro* ocenjenih vrednosti za $0,01 \pm 0,33$ MJ NEL kg^{-1} SS. Regresijska analiza je pokazala, da so vse ocene sistematično odstopale od *in vitro* ocenjenih vrednosti. Za ocenjevanje manj kakovostnih vzorcev mrve z ekstenzivnih travnikov, ki vsebujejo manj kot $5,2$ MJ NEL kg^{-1} sušine, priporočamo uporabo starejših nemških preglednic (DLG, 1982), za bolj kakovostne vzorce mrve ($> 5,2$ MJ NEL) pa so primernejše novejša preglednice (DLG, 1997) in uradne nemške enačbe (GfE, 1998). Povprečni vzorci s slovenskih kmetij so ocenjeni najbolj točno z enačbo po Stekarjevi in sod. (1994). Za vse ocene so bila značilna razmeroma velika povprečna posamična odstopanja ($0,27$ – $0,32$ MJ kg^{-1} SS) od *in vitro* ocenjenih vrednosti. Največja posamična odstopanja so presegla 1 MJ kg^{-1} SS. Predlagali smo nove enačbe za ocenjevanje vsebnosti presnovljive energije in NEL v mrvi. Ugotovili smo, da je mogoče s temi enačbami odstopanja od *in vitro* ocenjenih vrednosti zmanjšati za 10 do 50 %. Nepojasnjenim odstopanjem, ki znašajo v povprečju približno $0,2$ MJ NEL kg^{-1} SS, se z uporabo klasične weendske analize ne moremo izogniti.

Ključne besede: prehrana živali / krma / mrva / kemična sestava / presnovljiva energija / neto energija za laktacijo / ocenjevanje / statistika / statistična analiza / regresijska enačba

ESTIMATION OF ENERGY VALUE IN HAY [†]

ABSTRACT

The concentration of net energy for lactation (NEL) of 100 hay samples that were collected in 1999 and 2000 was estimated by the use of *in vitro* method, which was based on the gas

* Del podatkov, ki so predstavljeni v tem prispevku, je iz diplomskega dela (zagovor 5. julij 2001), mentor doc. dr. Jože Verbič in somentor doc. dr. Andrej Lavrenčič.

[†] Part of the data presented in this paper originates from graduation thesis (justification July 5, 2001), supervisor ass. prof. Jože Verbič, Ph.D. and co-adviser ass. prof. Andrej Lavrenčič, Ph.D.

produced during the incubation of samples with rumen liquor. Values were compared to the estimates obtained by the procedures which are usual for Slovenian laboratories, i.e. on the basis of chemical composition and digestibility coefficients from tables or by the use of regression equations from literature. It was established that NEL concentrations that were estimated on the basis of DLG (1982) tables deviated from *in vitro* estimated values for 0.22 ± 0.35 MJ kg⁻¹ dry matter (DM). Estimates on the basis of recently published tables and equations deviated from *in vitro* estimated values for 0.25 ± 0.31 MJ (DLG, 1991), 0.20 ± 0.33 MJ (DLG, 1997) and 0.16 ± 0.33 MJ (GfE, 1998) kg⁻¹ DM. The equation according to Stekar *et al.* (1994) deviated on average from *in vitro* values for 0.01 ± 0.34 . Regression analysis showed that all estimates deviated systematically from *in vitro* estimated values. For the estimation of low quality samples from extensively managed grasslands which contain less than 5.2 MJ NEL kg⁻¹ DM the usage of old German tables (DLG, 1982) can be recommended while for samples which contain more than 5.2 MJ NEL kg⁻¹ DM recently published tables (DLG, 1997) and official German equations (GfE, 1998) are more suitable. For average samples from Slovenian farms the highest accuracy can be achieved by the use of the equation proposed by Stekar *et al.* (1994). Relatively high average individual deviations from *in vitro* estimated values (0.27–0.32 MJ NEL kg⁻¹ DM) were characteristic for all estimates. Maximal individual deviations exceeded 1 MJ NEL kg⁻¹ DM. New regression equations for estimation of metabolizable energy concentration and NEL were proposed. It was found out that by the use of new equations deviations from the *in vitro* estimated values can be reduced by 10 to 50 %. Unexplained deviations of about 0.2 MJ NEL kg⁻¹ DM cannot be avoided by the means of classical Weende analysis.

Key words: animal nutrition / feed / hay / chemical composition / metabolizable energy / net energy for lactation / estimation / statistics / statistical analysis / regression equation

UVOD

Ocenjevanje energijske vrednosti krme za prakso običajno temelji v Sloveniji na weendski analizi in prebavljivostnih koeficientih iz DLG preglednic. Pri izbiranju prebavljivostnih koeficientov iz preglednic pogosto naletimo na težave, saj je vzorce težko nedvoumno uvrstiti v točno določene kategorije oziroma skupine, za katere so podani prebavljivostni koeficienti. Vzorci mrve se med seboj razlikujejo zaradi različne botanične sestave, košnje v različnih fazah rasti, zaradi različnih rastnih in klimatskih razmer, različnega gnojenja, pogostnosti rabe travne ruše in drugih dejavnikov. Prav te razlike verjetno predstavljajo največji vir napak pri ocenjevanju energijske vrednosti. Raziskave kažejo, da nastajajo pri ocenjevanju energijske vrednosti krme precejšnje razlike med ocenjevalci, pa tudi isti ocenjevalec istega vzorca ne oceni vedno enako (Ovčar Šešelj, 1990; Stekar in sod., 1993). Subjektivnim napakam se lahko izognemo z regresijskimi enačbami (Stekar in sod., 1994; Stekar in sod., 1996). Orešnik (1998) je ugotovil, da se v Sloveniji pri računanju vsebnosti NEL v krmi med seboj precej razlikujejo tudi posamezni laboratoriji. Razlikam je vzrok predvsem izbor različnih prebavljivostnih koeficientov iz različnih preglednic, pa tudi uporaba različnih enačb za računanje, saj so se slednje v zadnjih letih spreminjale.

Babnik in Verbič (2000) sta pri vzorcih z *in vivo* določeno prebavljivostjo ugotovila, da so lahko napake pri ocenjevanju krme na osnovi kemične sestave in prebavljivostnih koeficientov iz preglednic precejšnje. Ugotovila sta tudi, da se je mogoče velikim sistematičnim in predvsem naključnim napakam izogniti z uporabo hohenheimskega plinskega preskusa, na osnovi merjenja plina, ki se razvije med inkubacijo vzorcev krme z vampnim sokom (*in vitro*). Da lahko s hohenheimskim plinskim preskusom bistveno izboljšamo točnost ocenjevanja energijske vrednosti krme, so ugotavljali pred tem že številni drugi avtorji (Schöner in Pfeffer, 1985; Menke in Steingass, 1987; Aiple in sod., 1995). Metoda je v Nemčiji uradno priznana (GfE, 1998) in opisana v metodah za ocenjevanje krme (Naumann in Bassler, 1976).

Vzorci krme, ki sta jih obravnavala Babnik in Verbič (2000), so bili s travnikov, na katerih so prevladovali kakovostne vrste trav in metuljnic. Ker se v praktičnih razmerah srečujemo z vzorci

zelo različne kakovosti, smo za opisani poskus zbrali bolj raznolike vzorce mrve. Obravnavali smo razmeroma veliko število vzorcev s slovenskih kmetij, za katere pa žal nimamo *in vivo* ocenjenih prebavljivosti. Energijsko vrednost teh vzorcev smo ocenili s hohenheimskim plinskim preskusom. Glede na rezultate predhodnih raziskav in objav v literaturi sklepamo, da lahko to metodo (*in vitro*) obravnavamo kot razmeroma točno referenčno metodo za ocenjevanje energijske vrednosti mrve. Vrednosti, ki smo jih dobili s pomočjo kemične sestave in prebavljivostnih koeficientov iz literature (DLG, 1982; DLG, 1991; DLG, 1997), s pomočjo enačbe, ki so jo predlagali Stekarjeva in sod. (1994) ali pa s pomočjo uradno priznanih nemških multiplih regresijskih enačb (GfE, 1998), smo tako primerjali z *in vitro* ocenjenimi vrednostmi. S tem smo želeli preveriti zanesljivost ocenjevanja energijske vrednosti mrve na podlagi kemične sestave in prebavljivostnih koeficientov iz preglednic ali regresijskih enačb ter podati nekaj napotkov za točnejše ocenjevanje energijske vrednosti mrve.

MATERIAL IN METODE DELA

Vzorci mrve

Obravnavali smo 100 vzorcev mrve. V letu 1999 smo zbrali 57 vzorcev, od katerih je bilo 37 vzorcev prve košnje, 16 vzorcev druge košnje in 4 vzorci tretje košnje. Pet vzorcev je bilo s sejanih travnikov, vsi ostali pa z naravnega travinja. V letu 2000 smo zbrali še 43 vzorcev mrve, od tega 27 vzorcev prve košnje, 13 vzorcev druge košnje in 3 vzorce tretje košnje. Devet vzorcev smo dobili s sejanih travnikov. Po izvoru so bili vzorci predvsem s kmetij osrednje Slovenije, nekaj pa smo jih dobili tudi na kmetijah v okolici Novega mesta in Žalca. Vse vzorce smo organoleptično pregledali. Pri vzorcih, za katere ni bilo znano, ali izvirajo iz prve košnje ali iz naslednjih košenj, smo to ocenili. V večini vzorcev so prevladovale trave, med travno deteljne mešanice smo od vseh 100 vzorcev uvrstili le 3 vzorce mrve.

Kemijske analize in hohenheimski plinski preskus

Vsebnost vlage, surovih beljakovin, surove vlaknine, surovega pepela in surovih maščob smo določali po metodah, ki jih opisujeta Naumann in Bassler (1976). Hohenheimski plinski preskus smo izvedli po metodi Menkeja in sod. (1979). Uporabili smo prilagojeno metodo, ki sta jo opisala Blümmel in Ørskov (1993). V graduirane 100 ml steklene brizgalke smo zatehtali po približno 200 mg vzorca, dodali 30 ml mešanice vampnega soka in predpisanega pufra in jih inkubirali v vodni kopeli pri 39 °C. Meritve smo opravili v treh ponovitvah. Odstopanja v delovanju vampnega soka smo korigirali z ozirom na standardni vzorec mrve, ki so nam ga poslali z Univerze v Hohenheimu.

Ocenjevanje vsebnosti energije

Ocenjevanje energijske vrednosti *in vitro*

Vsebnosti presnovljive energije (ME) in neto energije za laktacijo (NEL) v mrvi smo izračunali na podlagi količine plina (PL₂₄) ter vsebnosti surovih maščob (SM) in surove vlaknine (SVI) ob pomoči regresijske enačbe [1] Aipla in sod. (1995), ki se je izkazala za naše razmere najprimernejša (Babnik in Verbič, 2000).

$$NEL = 2,88 + 0,0754 PL_{24} + 0,000398 SM \times SM - 0,00340 SVI \quad [1]$$

Ocenjevanje na podlagi prebavljivostnih koeficientov iz preglednic ter enačb iz literature

Vsebnost bruto energije, ME in NEL smo izračunali na podlagi kemične sestave oziroma vsebnosti prebavljivih hranljivih snovi po uradnih nemških enačbah, ki jih predpisuje DLG (1997). Prebavljivost hranljivih snovi smo ocenjevali na podlagi enačb, izpeljanih iz podatkov v nemških preglednicah (DLG, 1982; DLG, 1991; DLG, 1997) in navedbah Verbiča in sod. (2000). Kot osnovo za oceno prebavljivosti smo vzeli vsebnost surove vlaknine, mrvo pa smo razdelili glede na delitev v preglednicah po zaporedni košnji, po botanični sestavi in po načinu rabe travinja.

Vsebnost ME v mrvi smo ocenjevali tudi neposredno z regresijskima enačbama [2] in [3], ki so jih v Nemčiji uradno predlagali leta 1998 (GfE, 1998), pri nas pa eno leto pozneje Verbič in Babnik (1999). SB pomeni surove beljakovine in SP surovi pepel. Za mrvo prve košnje velja enačba [2] za mrvo druge in naslednjih košenj pa enačba [3].

$$ME = 13,69 - 0,01624 \text{ SVI} + 0,00693 \text{ SB} - 0,0067 \text{ SP} \quad [2]$$

$$ME = 14,05 - 0,01784 \text{ SVI} \quad [3]$$

Preskusili smo tudi enačbo [4] za neposredno ocenjevanje vsebnosti NEL po Stekarjevi in sod. (1994). Enačbo so avtorji izpeljali iz podatkov za 825 vzorcev sena, za katere je bila vsebnost NEL ocenjena ob pomoči preglednic DLG (1991). V enačbi [4] BNI pomeni vsebnost brezdušičnega izvlečka.

$$NEL = 1,6276 - 0,00365 \text{ SVI} + 0,01281 \text{ SB} + 0,00898 \text{ SM} + 0,005382 \text{ BNI} \quad [4]$$

Izdelava novih in preskušanje enačb za ocenjevanje vsebnosti energije v mrvi

Z multiplo regresijsko analizo smo izdelali enačbe za ocenjevanje energijske vrednosti mrve na osnovi kemične sestave. Dobljene enačbe smo preskusili tako, da smo enačbe, ki so zajemale iste neodvisne spremenljivke, izračunali tudi na naključno izbranem zmanjšanem številu vzorcev (kalibracijski niz, $n = 90$), preostale vzorce (validacijski niz, $n = 10$) pa uporabili za preskušanje teh enačb.

Statistična analiza

Razlike med *in vitro* ter z ostalimi postopki ocenjeno NEL smo prikazali kot povprečno razliko (\bar{d}), za katero smo izračunali tudi standardni odklon razlik (s_d). Izračunali smo linearne regresijske premice ($y = \alpha + \beta x + \varepsilon$) med *in vitro* (x) ter z ostalimi postopki (na podlagi preglednic in enačb iz literature) ocenjenimi vsebnostmi NEL. Pri posamezni premici smo preverili, če se naklon razlikuje od 1 ($H_0: \beta = 1$) in če se odsek na osi y razlikuje od 0 ($H_0: \alpha = 0$). Za izračun multiplih regresijskih enačb za ocenjevanje ME in NEL smo uporabili računalniški program Statgraphics (1996).

REZULTATI IN RAZPRAVA

Značilnosti vzorcev

Za vzorce mrve je bila značilna precejšnja spremenljivost (pregl. 1). Vsebnost surovih beljakovin se je gibala od 58 do 204 g kg^{-1} sušine, vsebnost surove vlaknine pa od 216 do 388 g kg^{-1} sušine. Po vsebnosti surove vlaknine je bil kar precejšen del vzorcev zunaj razpona, ki ga pokrivajo DLG (1982) ali DLG (1997) preglednice. Skoraj 10 % vzorcev je vsebovalo nad 356 g surove vlaknine v sušini, kar je v omenjenih preglednicah zgornja vrednost. Obravnavani vzorci mrve so vsebovali podobne množine surovih beljakovin in pepela, kot navajajo drugi avtorji

(Stekarjeva in sod., 1994; Pen in Kapun, 1997). Vsebnost surove vlaknine (306 g kg^{-1} sušine) je bila nekoliko manjša od vrednosti v literaturi (Stekarjeva in sod., 1994, 326 g kg^{-1} sušine; Pen in Kapun, 1997, 316 g kg^{-1} sušine), razlike pa so razmeroma majhne, tako da menimo, da vzorci predstavljajo povprečno kakovost mrve v Sloveniji. Količina nastalega plina pri hohenheimskem plinskem preskusu se je gibala od 24,2 do 47,2 ml na 200 mg sušine, *in vitro* ocenjena vsebnost ME od 6,99 do 10,39 ter vsebnost NEL od 3,87 do 6,19 MJ kg^{-1} sušine. Po kemični sestavi in vsebnosti ME so bili vzorci precej podobni tudi vzorcem, na katerih so bile izračunane uradne nemške enačbe (GfE, 1998).

Preglednica 1. Kemična sestava, količina plina ter *in vitro* ocenjena vsebnost presnovljive energije in neto energije za laktacijo ($n = 100$)

Table 1. Chemical composition, gas production and *in vitro* estimated concentration of metabolizable energy and net energy for lactation ($n = 100$)

	SB	SVL	SP	SM	BNI	PL ₂₄	NEL	ME
	g kg^{-1} SS					ml	MJ kg^{-1} SS	
Povprečje / Average	115	306	77	22	480	38,8	4,98	8,62
SD	31	39	20	6	27	3,9	0,45	0,65
Največ / Maximum	204	388	155	38	568	47,2	6,19	10,39
Najmanj / Minimum	58	216	31	9	416	24,2	3,87	6,99

SD = standardni odklon / standard deviation, SS = sušina / dry matter, SB = surove beljakovine / crude protein, SM = surove maščobe / crude fat, SVL = surova vlaknina / crude fibre, BNI = brezdušični izvleček / nitrogen free extractives, SP = surovi pepel / crude ash, PL₂₄ = količina plina po 24 urah inkubacije (ml 200 mg^{-1} SS) / gas production at 24 h incubation time (ml 200 mg^{-1} DM), ME = presnovljiva energija / metabolizable energy, NEL = neto energija za laktacijo / net energy for lactation

Primerjava različnih postopkov za ocenjevanje energijske vrednosti mrve

Ocene vsebnosti NEL in njihova odstopanja od *in vitro* ocenjenih vrednosti so prikazani na grafikonu 1 in v preglednici 2. Iz podatkov v preglednici 2 je razvidno, da so odstopanja odvisna tako od leta zbiranja vzorcev kot tudi od zaporedne košnje. Ugotovili smo, da je pri vzorcih mrve prve košnje, zbranih v letu 1999, za oceno NEL najprimernejša uporaba DLG preglednic iz leta 1982 ali uporaba regresijskih enačb Stekarjeve in sod. (1994), za oceno vzorcev druge in naslednjih košenj pa uporaba regresijskih enačb (GfE, 1998). Za ocenjevanje vzorcev mrve vseh košenj, zbranih v letu 2000, pa so se kot najprimernejše pokazale novejšje preglednice DLG (1997) ali uradne nemške regresijske enačbe (GfE, 1998) in enačbe Stekarjeve in sod. (1994). Podobno kot za vzorce iz leta 2000 velja tudi za vse obravnavane vzorce skupaj. Vsebnosti NEL v mrvi, ocenjene na podlagi preglednic DLG (1982), odstopajo od *in vitro* ocenjenih vrednosti za $-0,22 \pm 0,35$ MJ, na podlagi DLG (1991) za $0,25 \pm 0,31$ MJ, na podlagi DLG (1997) za $0,20 \pm 0,33$ MJ ter na podlagi enačb GfE (1998) za $0,16 \pm 0,33$ MJ NEL kg^{-1} sušine. Povprečno odstopanje pri ocenah ob pomoči regresijskih enačb Stekarjeve in sod. (1994) je razmeroma majhno ($0,01 \pm 0,34$ MJ NEL kg^{-1} sušine). Podobno kot za ostale načine ocenjevanja pa so tudi za ta način ocenjevanja značilna sistematična odstopanja. Na grafikonu 1 vidimo, da imajo skoraj vse regresijske premice, ki predstavljajo ocenjene vrednosti NEL (polna črta), v primerjavi s premicami, ki prikazuje *in vitro* ocenjeno vrednost (prekinjena črta), naklon manjši od 1 ($\beta \neq 1$, $p < 0,05$). Izjema je le premica, izračunana na podlagi DLG (1997) preglednic ($p > 0,1$). Rezultati kažejo, da so DLG (1982) preglednice v primerjavi z *in vitro* ocenjenimi vrednostmi podcenile predvsem kakovostne vzorce, medtem ko so vzorce slabše kakovosti ocenile podobno. Za preglednice DLG (1991, 1997), pa tudi za ocene na podlagi regresijskih enačb (GfE, 1998), je značilno, da so vzorci slabe kakovosti v primerjavi z *in vitro* ocenami precej precejeni, kakovostnejši

pa ocenjeni podobno. Enačba po Stekarjevi in sod. (1994) ocenjuje povprečne vzorce podobno kot *in vitro* postopek, medtem ko slabše vzorce nekoliko preceni, boljše pa podceni.

Preglednica 2. Ocene vsebnosti neto energije za laktacijo (NEL, v MJ kg⁻¹ SS) na podlagi prebavljivostnih koeficientov iz preglednic ali regresijskih enačb v primerjavi z *in vitro* ocenjenimi vrednostmi

Table 2. Estimated concentrations of net energy for lactation (NEL, in MJ kg⁻¹ DM) on the basis of digestibility coefficients from tables or regression equations in comparison to the *in vitro* estimated value

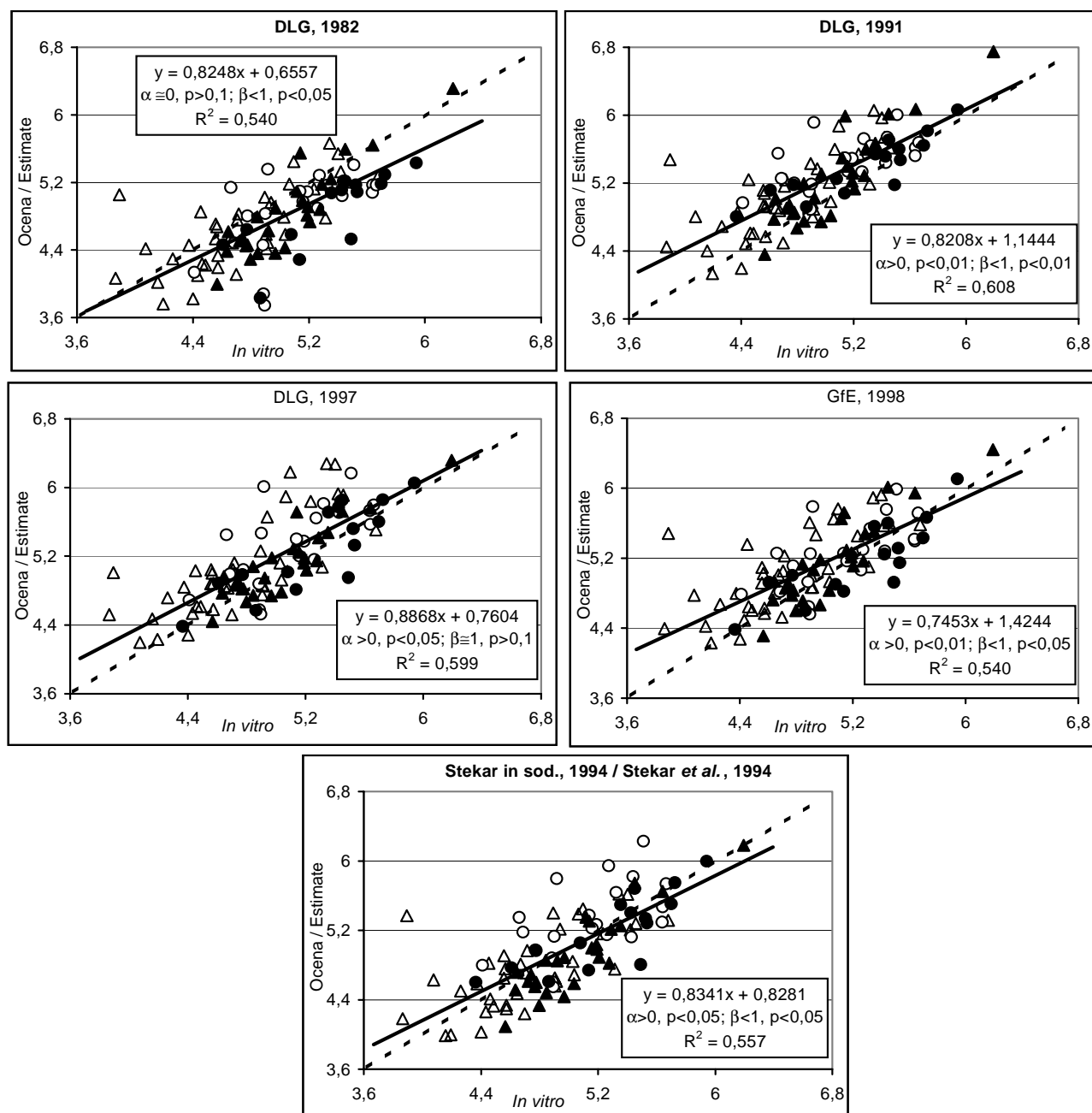
	Način ocenjevanja / Method of estimation					
	DLG, 1982	DLG, 1991	DLG, 1997	GfE, 1998	Stekar in sod./ <i>et al.</i> , 1994	<i>In vitro</i>
Prva košnja iz leta 1999 / First cut from 1999 (n = 37)						
Povprečje / Average	4,66	5,06	5,06	5,04	4,77	4,74
\bar{d}	-0,08	0,32	0,32	0,30	0,03	/
s_d	0,35	0,35	0,36	0,36	0,38	/
PIO	0,28	0,36	0,38	0,34	0,30	/
Največ/ Maximum	1,16	1,58	1,12	1,59	1,48	/
Druga in naslednje košnje iz leta 1999/Second end consecutive cuts from 1999 (n=20)						
Povprečje / Average	4,88	5,43	5,39	5,25	5,31	5,13
\bar{d}	-0,25	0,30	0,26	0,12	0,18	/
s_d	0,38	0,29	0,35	0,31	0,37	/
PIO	0,34	0,31	0,34	0,25	0,33	/
Največ/ Maximum	-1,15	0,99	1,09	0,87	0,88	/
Prva košnja iz leta 2000/First cut from 2000 (n=27)						
Povprečje / Average	4,84	5,24	5,13	5,17	4,91	5,06
\bar{d}	-0,22	0,18	0,07	0,11	-0,15	/
s_d	0,25	0,27	0,19	0,24	0,22	/
PIO	0,27	0,25	0,16	0,21	0,21	/
Največ/ Maximum	-0,61	0,85	0,57	0,58	-0,53	/
Druga in naslednje košnje iz leta 2000/Second end consecutive cuts from 2000 (n=16)						
Povprečje / Average	4,75	5,39	5,28	5,17	5,20	5,26
\bar{d}	-0,51	0,13	0,02	-0,09	-0,06	/
s_d	0,30	0,22	0,28	0,26	0,26	/
PIO	0,51	0,19	0,23	0,23	0,20	/
Največ/ Maximum	-1,03	0,51	-0,54	-0,57	-0,69	/
Vsi vzorci / All samples (n=100)						
Povprečje / Average	4,76	5,23	5,18	5,14	4,99	4,98
\bar{d}	-0,22	0,25	0,20	0,16	0,01	/
s_d	0,35	0,31	0,33	0,33	0,34	/
PIO	0,32	0,30	0,29	0,27	0,27	/
Največ/ Maximum	1,16	1,58	1,12	1,59	1,47	/

\bar{d} = povprečna razlika / average difference; $\bar{d} = \sum d_i / n$

d_i = razlika med *in vitro* ocenjenimi vrednostmi ter vrednostmi, ocenjenimi ob uporabi preglednic ali regresijskih enačb, pri posameznem vzorcu *i* / difference between *in vitro* estimated values and values estimated by the use of tables or regression equations for individual sample *i*

s_d = standardni odklon razlik / standard deviation of difference

PIO = povprečno posamično odstopanje *in vitro* ocenjenih vrednosti NEL (v MJ kg⁻¹ SS) od vrednosti, ocenjenih na podlagi preglednic ali enačb iz literature; $PIO = \sum |d_i| / n$ / average individual deviation of *in vitro* estimated concentrations of NEL (in MJ kg⁻¹ DM) from values estimated on the basis of tables or equations from literature; $PIO = \sum |d_i| / n$.



Grafikon 1. Povezava med *in vitro* ocenjeno vsebnostjo NEL ($y = x$; -----) ter vsebnostjo NEL, ocenjeno na podlagi prebavljivosti iz preglednic (DLG, 1982; 1991; 1997) ali regresijskih enačb (GfE, 1998; Stekar in sod., 1994; ———), pri 1. košnji iz leta 1999 (Δ), 2. in naslednjih košnjah iz leta 1999 (\circ), 1. košnji iz leta 2000 (\blacktriangle) ter 2. in naslednjih košnjah iz leta 2000 (\bullet).

Graph 1. Relation between *in vitro* estimated concentration of NEL ($y = x$; -----) and concentration of NEL estimated on the basis of digestibilities from tables (DLG, 1982; 1991; 1997) or by the use of regression equations (GfE, 1998; Stekar *et al.*, 1994; ———), for first cut in 1999 (Δ), second and consecutive cuts in 1999 (\circ), first cut in 2000 (\blacktriangle) and second and consecutive cuts in 2000 (\bullet).

Problematična so tudi velika posamična odstopanja nekaterih vzorcev, kar kaže na to, da energijske vrednosti mrve na podlagi kemične sestave tudi ob morebitni korekciji sistematičnih napak ni mogoče zanesljivo oceniti. Tudi pri uporabi enačbe po Stekarjevi in sod. (1994), pri

kateri v povprečju ni bilo velikih odstopanj od *in vitro* ocenjenih vrednosti, so povprečna posamična odstopanja znašala približno 0,3 MJ NEL, kar je razmeroma veliko. Pri posameznih vzorcih so bile napake še bistveno večje, saj so se največja odstopanja od *in vitro* ocenjenih vrednosti pri posameznih metodah ocenjevanja gibala od 1,12 do 1,59 MJ NEL kg⁻¹ sušine.

Vzroki za večja ali manjša odstopanja od *in vitro* ocenjenih vrednosti so lahko različni. DLG preglednice, ki temeljijo na bazi podatkov univerze v Hohenheimu, se med seboj razlikujejo. Poleg rednega dopolnjevanja baze z novjšimi podatki so pred pripravo 6. izdaje (DLG, 1991) bazo temeljito prečistili, tako da so iz nje izbrisali podatke izpred leta 1950. Za to so se odločili zaradi napredka na področju žlahtnjenja, tehnologij pridelovanja in konzerviranja krme. Po njihovem mnenju (DLG, 1991) podatki, pridobljeni pred več desetletji, ne veljajo za krmo, ki jo pridelujejo v zadnjem času. V Sloveniji je bil napredek na področju izboljševanja kakovosti krme, pridelane na travinju, najbrž manjši, pa tudi razmere za pridelovanje krme so drugačne. Analize vzorcev zemlje s travinja kažejo, da je kar v 70 % vzorcev premalo fosforja in v 56 % vzorcev premalo kalija (Sušin, 2001), kar je prav gotovo eden od vzrokov za slabšo kakovost pridelane mrve. Zato je razumljivo, da so se starejše preglednice (DLG, 1982) izkazale predvsem pri ocenjevanju mrve slabše kakovosti, medtem ko so bile za ocenjevanje kakovostnejše mrve primernejše novejšje preglednice in enačbe. Tudi razlike v primernosti posameznih postopkov ocenjevanja energijske vrednosti mrve med obema letoma so najbrž posledica razlik v kakovosti vzorcev. Vzorci mrve, zbrani v letu 1999, so vsebovali povprečno 4,87 MJ, vzorci, zbrani v letu 2000, pa 5,13 MJ NEL kg⁻¹ sušine. Razlika v kakovosti med leti je lahko pogojena tako z naključnim izborom vzorcev kakor tudi z različnimi vremenskimi razmerami za sušenje in pripravo mrve. V letu 1999 so bile namreč razmere za sušenje mrve nekoliko manj ugodne kot v letu 2000, ko je bilo v okolici Ljubljane in Novega mesta po 10. maju kar 9 sončnih dni brez padavin (Mesečni bilten – Hidrometeorološki zavod, 1999, 2000).

Babnik in Verbič (2000) sta z *in vivo* poskusi ugotovila, da so vzorci krme s travinja na podlagi preglednic (DLG, 1997) ali enačb (GfE, 1998) podcenjeni za 0,20 MJ NEL. Ker so bili obravnavani vzorci le s kakovostnih travnikov, poleg tega pa je šlo v večini primerov za vzorce zelene krme, njuni rezultati niso v nasprotju z našimi ugotovitvami. Tudi Grum (1976) je že pred leti s prebavljivostnimi poskusi na ovnih ugotovil, da je bila hranilna vrednost razmeroma kakovostnega sena s pomočjo takratnih nemških preglednic podcenjena. Ko so Verbič in sod. (2000) primerjali Grumove podatke z novjšimi nemškimi preglednicami, so prišli do enakih zaključkov kot mi, to je, da so za ocenjevanje kakovostnih vzorcev mrve primernejše novejšje preglednice (DLG, 1997), za ocenjevanje mrve slabše kakovosti pa starejše preglednice.

Vpliv izbire preglednic na točnost ocene je bil še posebno velik pri vzorcih, v katerih smo pri organoleptičnem pregledu našli trave, značilne za manj intenzivne travnike (mehka stoklasa, zlati ovsenec, puhasta ovsika) ali pri vzorcih s pozno košenega barjanskega travnika, na katerem je prevladovala rdeča bilnica, v ruši pa je bilo poleg travniške latovke, mačjega repa in lisičjega repa tudi precej volnate medene trave in dišeče boljke. Po enačbah GfE (1998) so bili ti vzorci v primerjavi z ocenami *in vitro* precenjeni za približno 1 MJ NEL. V tem primeru bi bilo bolje izbrati stare DLG preglednice iz leta 1982. Pri ocenjevanju vzorcev je zelo pomemben natančen popis botanične sestave vzorca, pogostnosti rabe travinja, načina gnojenja ter časa košnje, saj lahko v nasprotnem primeru pričakujemo velike napake pri ocenah vsebnosti energije v mrvi.

Nove enačbe za ocenjevanje energijske vrednosti mrve

V preglednici 3 podajamo regresijske enačbe, ki smo jih izračunali na vzorcih mrve z znano *in vitro* ocenjeno vsebnostjo energije. Ugotovili smo, da je mogoče z enostavno regresijsko enačbo na osnovi vsebnosti surove vlaknine pri vzorcih prve košnje še kar zadovoljivo napovedati vsebnosti presnovljive energije in vsebnosti neto energije za laktacijo (en 5, $R^2 = 0,59$; en 6, $R^2 = 0,61$). Podobna determinacijska koeficienta (en 17, $R^2 = 0,61$; en 18, $R^2 = 0,63$)

imata tudi enačbi, izračunani na vseh vzorcih mrve. Pri vzorcih druge in naslednjih košenj je napoved vsebnosti energije na podlagi surove vlaknine nekoliko manj točna (en 11, $R^2 = 0,50$; en 12, $R^2 = 0,51$). Za surove beljakovine se je izkazalo, da so z vsebnostjo ME in NEL razmeroma slabo povezane. Koeficienta determinacije enačb za napovedovanje ME in NEL vseh vzorcev mrve na podlagi surovih beljakovin sta dosegla le vrednost 0,32.

Z vključitvijo surovih maščob in surovih beljakovin kot dodatnih neodvisnih spremenljivk v enačbe lahko delno izboljšamo točnost ocene, ki smo jo dosegli z surovo vlaknino kot edino neodvisno spremenljivko. Pri vzorcih druge in naslednjih košenj smo z multiplo regresijo (en 15 in en 16) povečali determinacijski koeficient na 0,66, pri splošnih enačbah za ocenjevanje energijske vrednosti mrve (en 21, en 22) pa pri ME na 0,67 pri NEL pa na 0,68.

Preglednica 3. Regresijske enačbe za napovedovanje vsebnosti presnovljive energije (ME) in neto energije za laktacijo (NEL) na osnovi kemične sestave

Table 3. Regression equations for prediction of metabolizable energy (ME) and net energy for lactation (NEL) on the basis of chemical composition

Št. No.	Enačba / Equation	R^2	SEE
	Prva košnja / First cut (n = 64)		
5	ME = 12,67 – 0,01327 SVI	0,59	0,41
6	NEL = 7,82 – 0,00927 SVI	0,61	0,28
7	ME = 11,63 – 0,01133 SVI + 0,02125 SM	0,61	0,40
8	NEL = 7,16 – 0,00807 SVI + 0,01321 SM	0,62	0,27
9	ME = 13,00 – 0,01415 SVI + 0,02256 SM – 0,00482 SB	0,63	0,40
10	NEL = 8,12 – 0,01001 SVI + 0,01412 SM – 0,00333 SB	0,64	0,27
	Druga in naslednje košnje / Second and consecutive cuts (n = 36)		
11	ME = 12,50 – 0,01257 SVI	0,50	0,41
12	NEL = 7,70 – 0,00882 SVI	0,51	0,28
13	ME = 10,01 – 0,00777 SVI + 0,04342 SM	0,62	0,36
14	NEL = 6,09 – 0,00571 SVI + 0,02810 SM	0,62	0,25
15	ME = 11,73 – 0,01129 SVI + 0,04526 SM – 0,00577 SB	0,66	0,35
16	NEL = 7,35 – 0,00830 SVI + 0,02945 SM – 0,00425 SB	0,66	0,24
	Vse košnje / All cuts (n = 100)		
17	ME = 12,67 – 0,01323 SVI	0,61	0,41
18	NEL = 7,81 – 0,00924 SVI	0,63	0,28
19	ME = 11,09 – 0,01013 SVI + 0,02834 SM	0,65	0,39
20	NEL = 6,81 – 0,00727 SVI + 0,01796 SM	0,66	0,26
21	ME = 12,62 – 0,01331 SVI + 0,03048 SM – 0,00524 SB	0,67	0,38
22	NEL = 7,89 – 0,00953 SVI + 0,01948 SM – 0,00372 SB	0,68	0,26

SEE = standardna napaka ocene / standard error of estimate

R^2 = koeficient determinacije / coefficient of determination

Ostale okrajšave so razložene v preglednici 1 / Other abbreviations are defined in Table 1

Koeficienti determinacije so bili v okviru pričakovanih vrednosti in podobni, kot jih navajajo GfE (1998) za seno ($R^2 = 0,61$) ali mrvo druge in naslednjih košenj ($R^2 = 0,54$), ter nekoliko manjši, kot jih za voluminozno krmo navajata Menke in Steingass (1987) ($R^2=0,77$). S predlaganimi regresijskimi enačbami za ocenjevanje vsebnosti energije v mrvi se je mogoče izogniti sistematičnim odstopanjem, ne pa naključnim posamičnim odstopanjem. Naključnih posamičnih odstopanj, ki znašajo v povprečju približno 0,3 MJ NEL, z obstoječimi metodami

ocenjevanja, to je z weendsko analizo in uporabo regresijskih enačb ali koeficientov prebavljivosti iz preglednic, ni mogoče izločiti. Napredek na področju ocenjevanja energijske vrednosti mrve za prakso bi verjetno prineslo določanje detergentnih vlaken ali pa neposredno ocenjevanje energijske vrednosti mrve z uporabo analizatorjev, ki delujejo s pomočjo bližnje infrardeče spektroskopije.

Preskus novih enačb za ocenjevanje vsebnosti energije

Preglednica 4. Ocene vsebnosti neto energije za laktacijo (NEL, v MJ kg⁻¹ SS) pri 10 naključno izbranih vzorcih (validacijski niz) na podlagi preglednic, regresijskih enačb iz literature in predlaganih regresijskih enačb (A in B) v primerjavi z *in vitro* ocenjenimi vrednostmi

Table 4. Estimates of net energy for lactation (NEL, in MJ kg⁻¹ DM) of 10 randomly chosen samples (validation set) on the basis of tables, equations from literature and proposed regression equations (A and B) in comparison to *in vitro* estimated values

	DLG, 1982	DLG, 1991	DLG, 1997	GfE, 1998	Stekar in sod. / <i>et al.</i> , 1994	Enačba Equation A [#]	Enačba Equation B [#]
Povprečje/ Average	4,81	5,32	5,27	5,22	5,06	5,06	5,07
đ	-0,26	0,26	0,21	0,16	-0,01	-0,01	0,01
s _d	0,42	0,31	0,40	0,31	0,36	0,28	0,28
PIO	0,35	0,26	0,29	0,23	0,24	0,16	0,17
Največ/ Maximum	-1,15	1,00	1,09	0,87	0,88	0,70	0,75

Okrajšave so navedene v preglednici 2 / Abbreviations are defined in Table 2

[#] Enačbi A (NEL = 8,135 - 0,01024×SVI + 0,01995×SM - 0,00405×SB) in B (NEL = 7,9107 - 0,00958 × SVI) sta bili izračunani na zmanjšanem številu vzorcev mrve (n = 90) in sta zaradi tega nekoliko odstopali od ustreznih enačb v preglednici 3 (enačbi št. 22 in 18)

[#] Equations A (NEL = 8,135 - 0,01024×SVI + 0,01995×SM - 0,00405×SB) and B (NEL = 7,9107 - 0,00958 × SVI) were calculated on the basis of reduced number of hay samples (n = 90) and are therefore slightly different from adequate equations from Table 3 (equations No. 22 and 18)

Zanesljivost predlaganih enačb iz preglednice 3 smo preverili tako, da smo enačbe, ki so vsebovale iste neodvisne spremenljivke, izračunali tudi na zmanjšanem številu vzorcev (n=90), preostale vzorce (n=10) pa uporabili za njihovo testiranje. Odstopanja 10 naključno izbranih vzorcev od *in vitro* ocenjenih vrednosti so predstavljena v preglednici 4. Multiplo regresijsko enačbo, ki vključuje surovo vlaknino, surove beljakovine in surove maščobe, smo označili z A, linearno regresijsko enačbo, ki vključuje surovo vlaknino, pa z B. V primerjavi z ostalimi postopki ocenjevanja neto energijske vrednosti krme smo uspeli s predlaganimi enačbami pri 10 naključno izbranih vzorcih standardni odklon odstopanj od *in vitro* ocenjenih vrednosti zmanjšati za približno 10 do 35 %, povprečno posamično odstopanje za 15 do 50 %, največje odstopanje pa za približno 15 do 45 % (pregl. 4). Iz dobljenih rezultatov sklepamo, da je uporaba predlaganih enačb (pregl. 3) smiselna. Kljub temu da smo enačbe preverili z vzorci, ki jih nismo uporabili za izdelavo teh enačb, pa bi kazalo enačbe preveriti še z vzorci mrve iz drugih let. Iz preglednice 2 je namreč razvidno, da se iste enačbe v različnih letih ne obnesejo enako dobro.

SKLEPI

Pri ocenjevanju vsebnosti neto energije za laktacijo oziroma vsebnosti presnovljive energije v mrvi na podlagi prebavljivostnih koeficientov iz preglednic ali regresijskih enačb iz literature

prihaja do precejšnih napak. Točnost ocene je odvisna tudi od izbire ustreznih preglednic oziroma regresijskih enačb. Za ocenjevanje manj kakovostnih vzorcev mrve z ekstenzivnih travnikov, ki vsebujejo manj kot 5,2 MJ NEL kg⁻¹ sušine, priporočamo starejše nemške preglednice (DLG, 1982), saj novejše preglednice energijsko vrednost mrve precenjujejo. Za bolj kakovostne vzorce mrve pa so primernejše novejše preglednice (DLG, 1997) in uradne nemške enačbe (GfE, 1998). Ocene mrve po enačbi Stekarjeve in sod. (1994) v povprečju ne odstopajo od *in vitro* določenih vrednosti. Z uporabo regresijskih enačb, ki smo jih izračunali na podlagi *in vitro* ocenjene energijske vrednosti mrve, lahko zmanjšamo sistematična odstopanja, za zmanjšanje posamičnih odstopanj pa bi bilo potrebno uvesti druge postopke ocenjevanja, kot so določanje detergentnih vlaken, encimske prebavljivosti ali pa neposredno ocenjevanje energijske vrednosti mrve z uporabo sodobnih analizatorjev, ki delujejo s pomočjo bližnje infrardeče spektroskopije.

SUMMARY

In agricultural practice energy value of forages is usually estimated on the basis of chemical composition and digestibility coefficients from tables or by the use of regression equations from literature. It has been reported that estimates based on chemical composition and digestibility coefficients from literature deviated markedly from *in vivo* determined values and that differences can be reduced by the use of *in vitro* method. In the present study, concentration of net energy for lactation and metabolizable energy concentration of 100 hay samples from Slovenian farms were estimated on the basis of gas which was produced during the incubation of samples with rumen liquor *in vitro*. Results were compared to values which were calculated from chemical parameters and digestibility coefficients from various editions of DLG tables (DLG, 1982; DLG, 1991; DLG, 1997) or by the use of regression equations from literature (Stekar *et al.*, 1994; GfE, 1998).

Chemical composition of hay samples is presented in Table 1. Samples covered the range which was reported by other authors and assumed to be significant for Slovenian conditions. It was found out that estimates which are based on digestibility coefficients from tables or on regression equations from literature deviated from *in vitro* estimated values. The average individual deviation was about 0.3 MJ NEL kg⁻¹ dry matter (Table 2). Regression analysis showed that all estimates deviated systematically from *in vitro* estimated values (Graph 1). Differences were due to intercepts, which differed significantly from 0, to linear regression coefficients, which differed significantly from 1, or to both. It was concluded that the low quality samples with NEL concentration below 5.2 MJ kg⁻¹ dry matter could be estimated with higher accuracy by the use of the oldest tables (DLG, 1982). For estimation of samples which contain more than 5.2 MJ NEL kg⁻¹ dry matter recent German tables (DLG, 1997) or equations (GfE, 1998) are more suitable. Equation proposed by Stekar *et al.* (1994) is the best solution for the estimation of average samples from Slovenian farms.

New regression equations for estimation of concentration of metabolizable energy and NEL were proposed (Table 3). The best single predictor for *in vitro* estimated metabolizable energy and NEL was crude fibre ($R^2 = 0.61$ and 0.63 respectively). By the addition of crude fat into the model R^2 was increased to 0.65 and 0.66 respectively. Similar regression equations were calculated also on limited number of samples ($n=90$). Samples which were not included in regression analyses (validation set, $n = 10$) were then used to test reliability of equations (Table 4). It was found out that in comparison to usual procedures which are used for prediction of NEL, deviations from the *in vitro* estimated values can be reduced by 10 to 50 % when proposed equations were used.

It was concluded that reliability of hay evaluation could be improved by the use of proper tables or regression equations. However, unexplained deviations of about 0.2 MJ NEL kg⁻¹ DM cannot be avoided by the means of classical Weende analysis. Other methods, such as detergents fibre concentration, enzymatic digestibility or Near Infrared Spectroscopy should be tested and implemented.

ZAHVALA

Delo sta financirala Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano ter Ministrstvo za šolstvo, znanost in šport Republike Slovenije.

VIRI

- Aiple, K.P./ Steingass, H./ Drochner, W. Schätzung des Energiegehaltes von Grundfuttermitteln mit Pepsin-Cellulase-Methode und dem Hohenheimer Futterwerttest. Proc. Soc. Nutr. Physiol., 4(1995), 99.
- Babnik, D. / Verbič, J. Ocenjevanje energijske vrednosti krme s travinja. Zb. Bioteh. Fak. Univ. Ljublj., Kmet. Zooteh., 76(2000)2, 61–74.
- Blümmel, M./ Ørskov, E.R. Comparison of *in vitro* gas production and nylon bag degradability of roughages in predicting feed intake in cattle. Anim. Feed Sci. Technol., 40(1993), 109–119.
- DLG. Futterwerttabellen für Wiederkäuer. Frankfurt, DLG Verlag, 1982, 120 str.
- DLG. Futterwerttabellen für Wiederkäuer. Frankfurt, DLG Verlag, 1991, 112 str.
- DLG. Futterwerttabellen. Wiederkäuer. Frankfurt, DLG Verlag, 1997, 212 str.
- GfE Formeln zur Schätzung des Gehaltes an Umsetzbarer Energie in Futtermitteln aus Aufwüchsen des Dauergrünlandes und Mais-Ganzpflanzen. Proc. Soc. Nutr. Physiol., 7(1998), 141–150.
- Grum, F. Raziskovanje prebavljivosti in hranilne vrednosti sena. Zb. Bioteh. Fak. Univ. Ljublj., Kmet., 27(1976), 181–205.
- Menke, K.H./ Steingass, H. Schätzung des energetischen Futterwerts aus der *in vitro* mit Pansensaft bestimmten Gasbildung und der chemischen analyse. Übers. Tierernähr., 15(1987), 59–94.
- Menke, K.H./ Raab, L./ Salewski, A./ Steingass, H./ Fritz, D./ Schneider, W. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they were incubated with rumen liquor *in vitro*. J. Agric. Sci., 93(1979), 217–222.
- Mesečni bilten. Hidrometeorološki zavod Republike Slovenije, Ljubljana, Maj, 6(1999)5, 57 str.
- Mesečni bilten. Hidrometeorološki zavod Republike Slovenije, Ljubljana, Maj, 7(2000)5, 65 str.
- Naumann, K./ Bassler, R. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. Methodenbuch. Band 3, Neudamm, Verlag Neumann, 1976, 265 str.
- Orešnik, A. Ocenjevanje energijske vrednosti krme za krave molznice. V: Zbornik predavanj 7. posvetovanja o prehrani domačih živali "Zdravčevi-Erjavčevi dnevi", Radenci, 1998-10-26/27. Murska Sobota, Živinorejsko-veterinarski zavod za Pomurje, 1998, 181–190.
- Ovčar Sešelj, I. Primerjava škrobne vrednosti mrve, izračunane po O. Kellnerju in z regresijsko enačbo. Zb. Bioteh. Fak. Univ. Ljublj., Kmet. Živin., 56(1990), 113–130.
- Pen, A./ Kapun, S. Grundfutterqualitäten in Slowenien. V: Bericht über das Alpenländische Expertenforum zur Thema Grundfutterqualität und Grundfutterbewertung. Irdning, 1997-01-21/22, Irdning, BAL Gumpenstein, 1997, 37–48.
- Schöner, F.J./ Pfeffer, E. Zur Schätzung des energetischen Futterwertes im Grundfutter. 3. Mitteilung: Vergleich von verschiedenen Schätzverfahren und Empfehlungen für den praktischen Einsatz. Das wirtschaftseig. Futter, 31(1985)2, 134–138.
- Statgraphics, Plus. Advanced Regression. Manugistics, Inc. Rockville, 1996.
- Stekar, J.M.A./ Zagožen, F./ Golob, A. Estimation of hay energy value with a regression equation. Zb. Bioteh. Fak. Univ. Ljublj., Kmet. Supl., 24(1996), 121–126.
- Stekar, J.M.A./ Zagožen, F./ Golob, A. Hay energy estimation with a regression equation. Zb. Bioteh. Fak. Univ. Ljublj., Kmet. Zooteh., 64(1994), 169–172.
- Stekar, J.M.A./ Zagožen, F./ Ovčar Sešelj, I./ Golob, A. Ocena neto energijske vrednosti mrve s koeficienti prebavljivosti in z regresijsko enačbo. Zb. Bioteh. Fak. Univ. Ljublj., Kmet. Zooteh., 62(1993), 287–296.
- Sušin, J. Oskrbjenost tal s fosforjem in kalijem na travnikih in vrtovih. Sodobno kmetijstvo, 34(2001), 455–458.
- Verbič, J./ Babnik, D. Oskrbjenost prežvekovalcev z energijo. Neto energija za laktacijo (NEL) in presnovljiva energija (ME). Prikazi in informacije 200, Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije, 1999, 27 str.

- Verbič, J./ Babnik, D./ Verbič, J. Spreminjanje vsebnosti neto energije za laktacijo med staranjem travno deteljne mešanice. V: Zbornik simpozija Novi izzivi v poljedelstvu, Moravske Toplice, 2000-12-15/16, 2000, 90–94.
- Verbič, J./ Babnik, D./ Žnidaršič, T. Ocenjevanje vsebnosti neto energije za laktacijo v krmi – zanesljivost in možnosti za izboljšanje. V: Zbornik predavanj 9. posvetovanja o prehrani domačih živali "Zadravčevi-Erjavčevi dnevi", Radenci, 2000-11-09/10. Murska Sobota, Živinorejsko-veterinarski zavod za Pomurje, 2000, 28–40.