

## VREDNOTENJE ENERGIJSKE VREDNOSTI TRAVNIH SILAŽ<sup>\*</sup>

Drago BABNIK<sup>a)</sup>, Jože VERBIČ<sup>b)</sup> in Tomaž ŽNIDARŠIČ<sup>c)</sup>

<sup>a)</sup> Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova 17, SI-1000 Ljubljana, Slovenija, znanstveni svetnik, dr., mag., e-pošta: [drago.babnik@kis-h2.si](mailto:drago.babnik@kis-h2.si).

<sup>b)</sup> Isti naslov, višji znanstveni sodelavec, dr., mag.,

<sup>c)</sup> Isti naslov.

Delo je prispelo 06. februarja 2002, sprejeto 05. julija 2002.

Received February 06, 2002, accepted July 05, 2002.

### IZVLEČEK

Na podlagi kemične sestave in *in vitro* metode, ki temelji na plinu, razvijajočem se pri inkubaciji vzorcev z vamppnim sokom, smo določili vsebnost neto energije za laktacijo (NEL) 80 vzorcev travnih silaž. Vrednosti smo primerjali z ocenami, pridobljenimi z običajnimi postopki ocenjevanja NEL v slovenskih laboratorijih, to je na podlagi kemične sestave ter prebavljalivostnih koeficientov iz preglednic ali regresijskih enačb iz literature. Ugotovili smo, da novejše DLG preglednice in enačbe vsebnost NEL precenijo. Vsebnosti NEL, ki smo jih dobili z upoštevanjem koeficientov prebavljalivosti objavljenih v DLG (1991) preglednicah precenijo *in vitro* ocenjene vrednosti za  $0,42 \pm 0,43$  MJ, DLG (1997) za  $0,50 \pm 0,36$  MJ, enačba po Menkeju in Steingassu (1987) za  $0,36 \pm 0,42$  MJ ter enačbe GfE (1998) za  $0,53 \pm 0,40$  MJ NEL kg<sup>-1</sup> sušine (SS). Regresijska analiza je pokazala, da vse ocene sistematično odstopajo od *in vitro* ocenjenih vrednosti. Za ocenjevanje manj kakovostnih vzorcev travnih silaž, ki vsebujejo manj kot 5,5 MJ NEL kg<sup>-1</sup> SS, priporočamo uporabo starejših nemških preglednic (DLG, 1982), za bolj kakovostne vzorce travnih silaž ( $> 5,5$  MJ NEL kg<sup>-1</sup> SS) pa so primernejše novejše preglednice (DLG, 1997), pa tudi uradne nemške enačbe (GfE, 1998). Pri vseh postopkih ocenjevanja smo ugotovili razmeroma velika povprečna posamična odstopanja (od 0,33 do 0,57 MJ kg<sup>-1</sup> SS) od *in vitro* ocenjenih vrednosti. Največje posamično odstopanje je doseglo 1,5 MJ kg<sup>-1</sup> SS. Predlagamo nove multiple regresijske enačbe za ocenjevanje vsebnosti presnovljive energije in NEL v travnih silažah na podlagi kemične sestave. S temi enačbami lahko zmanjšamo sistematična odstopanja od *in vitro* ocenjenih vrednosti, nepojasnj enim odstopanjem, ki znašajo v povprečju več kot 0,3 MJ NEL kg<sup>-1</sup> SS, pa se z uporabo klasične weendske analize ne moremo izogniti.

Ključne besede: krma / travna silaža / kemična sestava / vrednotenje krme / presnovljiva energija / neto energija za laktacijo / multiple regresijske enačbe

## EVALUATION OF ENERGY VALUE OF GRASS SILAGE<sup>†</sup>

### ABSTRACT

Concentration of net energy for lactation (NEL) of 80 grass silage samples was estimated on the basis of chemical composition and *in vitro* method, which was based on the gas produced during the incubation of samples with rumen liquor. Values were compared to the estimates obtained by the procedures that are usual for Slovenian laboratories, i.e. on the basis of chemical composition

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

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

and digestibility coefficients from tables or by the use of regression equations from literature. It was established that recently published tables and equations overestimated NEL concentration. NEL concentrations which were obtained by the use of digestibility coefficients published in DLG (1991) tables overestimated *in vitro* obtained values for  $0.42 \pm 0.43$  MJ, DLG (1997) tables for  $0.50 \pm 0.36$  MJ, equation according to Menke and Steingass (1987) for  $0.36 \pm 0.42$  MJ and GfE (1998) equations for  $0.53 \pm 0.40$  MJ NEL kg<sup>-1</sup> dry matter (DM). The regression analysis showed that all estimates deviated systematically from *in vitro* estimated values. For the estimation of low quality samples, which contain less than 5.5 MJ NEL kg<sup>-1</sup> DM, the usage of old German tables (DLG, 1982) can be recommended while for samples that contain more than 5.5 MJ NEL kg<sup>-1</sup> DM recently published tables (DLG, 1997) and official German equations (GfE, 1998) are more suitable. Relatively high average individual deviations from *in vitro* estimated values (from 0.33 to 0.57 MJ NEL kg<sup>-1</sup> DM) were characteristic for all estimates. Maximal individual deviation reached 1.5 MJ NEL kg<sup>-1</sup> DM. New regression equations for estimation of metabolizable energy concentration and NEL in grass silages were proposed. It was found out that by the use of new equations deviations from the *in vitro* estimated values can be reduced, however, unexplained deviations of about 0.3 MJ NEL kg<sup>-1</sup> DM cannot be avoided by the means of classical Weende analysis.

Key words: feed / grass silage / chemical composition / feed evaluation / metabolizable energy / net energy for lactation / multiple regression equations

## UVOD

Pravilno ocenjevanje hranilne vrednosti krme je prvi pogoj za vsako praktično uravnavanje in prilagajanje prehrane potrebam živali. Na ocenah energijske vrednosti voluminozne krme temelji dopolnjevanje s krmnimi mešanicami in gospodarno optimiranje obrokov za prežvekovalce. Postopki ocenjevanja hranilne vrednosti krme predstavljajo pomembno podlago tudi za raziskave in napredok na področju pridelovanja in konzerviranja krme ter pri ekonomskih študijah. Pri ocenjevanju energijske vrednosti krme za prakso se običajno poslužujemo računskih metod, ki temeljijo na rezultatih kemijskih analiz in prebavljivostnih koeficientov iz preglednic. V Sloveniji le poredko izvajamo prebavljivostne poskuse na živalih, saj so le ti zamudni in dragi, zato smo skoraj v celoti vezani na koeficiente prebavljivosti iz tujih preglednic. Uporaba primerne *in vitro* metode predstavlja dobro alternativo za povečanje točnosti ocenjevanja energijske vrednosti voluminozne krme pri nas. Babnik in Verbič (2000), pred njima pa že številni drugi (Schöner in Pfeffer, 1985; Menke in Steingass, 1987; Aiple in sod., 1995) so ugotovili, da lahko s hohenheimskim plinskim preskusom, ki temelji na merjenju plina, razvijajočem se med inkubacijo vzorcev krme z vampnim sokom, bistveno izboljšamo točnost ocenjevanja energijske vrednosti krme. Ker je izvajanje hohenheimskega plinskega preskusa vezano na vampni sok oziroma fistulirane živali, je najbrž težko pričakovati, da se bo njegova uporaba pri nas razširila v večjem obsegu tudi za potrebe ocenjevanja krme v praksi.

V Sloveniji je v uporabi več različnih preglednic, pa tudi različnih enačb za ocenjevanje energijske vrednosti, zato prihaja pri ocenjevanju do razhajanju. Nekatere raziskave kažejo, da nastajajo pri ocenjevanju energijske vrednosti krme precejšne razlike med ocenjevalci, pa tudi isti ocenjevalec istega vzorca ne oceni vedno enako (Stekar in sod., 1993). Orešnik (1998) je prav tako ugotovil, da se pri računanju vsebnosti neto energije za laktacijo (NEL) v krmi posamezni laboratoriji med seboj precej razhajajo. Subjektivnim napakam pri izbiri prebavljivostnih koeficientov se lahko izognemo z regresijskimi enačbami za neposredno ocenjevanje energijske vrednosti (Stekar in sod., 1994; Stekar in sod., 1996). Precej težje pa se izognemo napakam, ki jih pri ocenjevanju delamo zaradi uporabe tujih preglednic. Babnik in sod. (2001) so pri mrvi ugotovili, da prihaja pri uporabi preglednic in tujih regresijskih enačb do sistematičnih odstopanj ter da so novejše DLG (1997) preglednice in regresijske enačbe (GfE, 1998) primerne le za kakovostne vzorce mrve, za mrvo slabše kakovosti ( $< 5.2$  MJ NEL kg<sup>-1</sup> sušine) pa so primernejše starejše preglednice (DLG, 1982). Hkrati avtorji ugotavljajo, da lahko

z lastnimi regresijskimi enačbami za ocenjevanje energijske vrednosti mrve precej izboljšamo zanesljivost ocenjevanja.

Za travno silažo podobnih predlogov enačb v Sloveniji še ni bilo, čeprav se njen delež v primerjavi z mrvo povečuje. Eden od vzrokov za to je najbrž tudi dejstvo, da je pri travnih silažah ocenjevanje energijske vrednosti še nekoliko zahtevnejše kot pri mrvi. Vsebnost energije v travnih silažah je namreč odvisna od dodatnih vplivov, med katerimi sta zelo pomembna onesnaženost silaž z zemljo ter potek vrenja v silosih. Tudi pri predlaganih nemških enačbah (GfE, 1998) vidimo, da lahko na podlagi weendske analize pojasnimo pri travni silaži le 43 % variabilnosti v vsebnosti presnovljive energije (ME), medtem ko je pri enačbah za ocenjevanje ME v senu koeficient determinacije precej večji ( $R^2 = 0,61$ ).

S tem poskusom smo želeli preskusiti zanesljivost ocenjevanja energijske vrednosti travnih silaž z različnimi preglednicami (DLG, 1982; DLG, 1991; DLG, 1997) ali regresijskimi enačbami (Menke in Steingass, 1987; GfE, 1998). Izdelali smo tudi nove regresijske enačbe za neposredno ocenjevanje energijske vrednosti pri travnih silažah na podlagi kemične sestave.

## MATERIAL IN METODE DELA

### Vzorci travnih silaž

V poskušu smo obravnavali 80 vzorcev travnih silaž. V letu 1999 smo zbrali 50 vzorcev, od katerih je bilo 30 vzorcev prve košnje, 10 vzorcev druge košnje, 7 vzorcev tretje košnje ter 3 vzorci četrte košnje. Enajst vzorcev je bilo s sejanih travnikov, vsi ostali pa z naravnega travinja. V letu 2000 smo zbrali še 30 vzorcev travnih silaž, od tega 17 vzorcev prve košnje, 4 vzorce druge košnje, 7 vzorcev tretje košnje ter 2 vzorca četrte košnje. Šest vzorcev smo dobili s sejanih travnikov. Vzorci so izvirali predvsem s kmetij osrednje Slovenije, nekaj pa smo jih dobili tudi na kmetijah v okolici Novega mesta, Žalca in Ptuja. 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 80 vzorcev uvrstili le 11 vzorcev travnih silaž.

### 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 modificirano 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 pufra in jih inkubirali v vodni kopeli pri 39 °C. Meritve smo opravili v treh ponovitvah. Odstopanja v aktivnosti vampnega soka smo korigirali na podlagi standardnega vzorca sena, ki so nam ga poslali z Univerze v Hohenheimu.

### Ocenjevanje vsebnosti energije

#### Ocenjevanje *in vitro*

Vsebnost neto energije za laktacijo (NEL, MJ kg<sup>-1</sup> SS) v travnih silažah smo izračunali na podlagi količine plina (PL<sub>24</sub>, ml/200 mg SS) ter vsebnosti surovih maščob (SM, g kg<sup>-1</sup> SS) in surove vlaknine (SVI, g kg<sup>-1</sup> SS) ob pomoči regresijske enačbe Aipla in sod. (1995), ki se je izkazala za naše razmere najprimernejša (Babnik in Verbič, 2000):

$$NEL = 1,99 + 0,0989 PL_{24} + 0,000352 SM \times SM - 0,00365 SVI$$

### Ocenjevanje na podlagi prebavljivostnih koeficientov iz preglednic ter enačb iz literature

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

Vsebnost ME v travnih silažah smo ocenjevali tudi neposredno z multiplima regresijskima enačbama, ki so ju v Nemčiji uradno predlagali leta 1998 (GfE, 1998), pri nas pa eno leto pozneje Verbič in Babnik (1999). V enačbi za ocenjevanje ME v travnih silažah prve košnje ( $ME = 13,99 - 0,01193 SVI + 0,00393 SB - 0,01177 SP$ ) ter v enačbi za ocenjevanje ME travnih silaž druge in naslednjih košenj ( $ME = 12,91 - 0,01003 SVI + 0,00689 SB - 0,01553 SP$ ), pomeni SB surove beljakovine, SP surovi pepel in SVI surovo vlaknino.

Primerjalno smo preskusili tudi enačbo Menkeja in Steingassa (1987) za neposredno ocenjevanje vsebnosti NEL v voluminozni krmi ( $NEL = 9,10 + 0,0098 SM - 0,0109 SVI - 0,0073 SP$ ).

### Izdelava novih enačb za ocenjevanje vsebnosti energije in njihov preskus

Z multiplo regresijsko analizo smo izdelali enačbe za ocenjevanje energijske vrednosti travnih silaž na podlagi 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,  $n = 70$ ), preostale vzorce (validacijski niz,  $n = 10$ ) pa smo uporabili za preskušanje teh enačb.

### Statistična analiza

Razhajanja med *in vitro* ter z ostalimi postopki ocenjeno vsebnost NEL smo prikazali kot povprečno razliko ( $\bar{d}$ ), za katero smo izračunali tudi standardni odklon ( $s_d$ ). Izračunali smo linearne regresijske premice ( $y = \alpha + \beta x + \epsilon$ ) 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

Pri obravnavanih vzorcih travnih silaž (preglednica 1) se je vsebnost surovih beljakovin gibala od 99 do 222 g kg<sup>-1</sup> sušine, vsebnost surove vlaknine pa od 188 do 397 g kg<sup>-1</sup> sušine. Po vsebnosti surove vlaknine je bil kar precejšen del vzorcev izven razpona, ki ga pokrivajo DLG (1982) ali DLG (1997) preglednice. Skoraj 10 % vzorcev je vsebovalo nad 335 g surove vlaknine v sušini, kar je zgornja vrednost, ki jo zasledimo v omenjenih preglednicah. Povprečna vsebnost surove vlaknine (277 g kg<sup>-1</sup> sušine) je bila podobna, kot jo za silaže navajajo v literaturi (Stekar in sod., 1991, 279 g kg<sup>-1</sup> sušine; Grum, 1993, 272 g kg<sup>-1</sup>; Verbič, 1999, 285 g kg<sup>-1</sup>

sušine) ter nekoliko manjša, kot navajajo Stekarjeva in sod. (1989, 304 g kg<sup>-1</sup> sušine) in nekoliko večja, kot navajata Pen in Kapun (1997, 258 g kg<sup>-1</sup> sušine). Glede na navedene podatke v literaturi menimo, da obravnavani vzorci predstavljajo povprečno kakovost travnih silaž, pridelanih v zadnjem desetletju v Sloveniji. Količina nastalega plina pri hohenheimskem plinskem preskusu se je gibala od 27,9 do 46,3 ml na 200 mg sušine, *in vitro* ocenjena vsebnost ME od 7,03 do 10,64 ter vsebnost NEL od 3,92 do 6,40 MJ kg<sup>-1</sup> sušine.

Preglednica 1. Kemična sestava, količina plina ter *in vitro* ocenjena vsebnost presnovljive energije in neto energije za laktacijo (n = 80)

Table 1. Chemical composition, gas production and *in vitro* estimated concentration of metabolizable energy and net energy for lactation (n = 80)

	SB	SVL	SP	SM	BNI	PL <sub>24</sub>	NEL	ME
	g kg <sup>-1</sup>	SS / DM				ml	MJ kg <sup>-1</sup>	SS / DM
Povprečje / Average	151	277	114	35	423	38,5	5,23	8,96
SD	30	41	36	7	40	4,2	0,51	0,75
Največ / Maximum	222	397	258	52	508	46,3	6,40	10,64
Najmanj / Minimum	99	188	55	19	340	27,9	3,92	7,03

SD = standardni odklon / standard deviation, SS = sušina / dry matter, SB = surove beljakovine / crude protein, SVL = surova vlaknina / crude fibre, SP = surovi pepel / crude ash, SM = surove mašcobe / crude fat, BNI = brezdušični izvleček / nitrogen free extractives, PL<sub>24</sub> = količina plina po 24 urah inkubacije (ml/200 mg SS) / gas production at 24 hours of incubation (ml/200 mg DM), ME = presnovljiva energija / metabolizable energy, NEL = neto energija za laktacijo / net energy for lactation

### Primerjava različnih postopkov za ocenjevanje NEL

Ocene vsebnosti NEL in njihova odstopanja od *in vitro* ocenjenih vrednosti prikazujemo 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 za ocenjevanje vsebnosti NEL v vzorcih travnih silaž prve košnje ali ocenjevanje vseh travnih silaž na splošno (prve in naslednjih košenj) najprimernejša uporaba DLG preglednic iz leta 1982. Za ocenjevanje vzorcev druge in naslednjih košenj so najprimernejše preglednice DLG (1982) in DLG (1991). V povprečju so ocene po DLG (1982) preglednicah odstopale od *in vitro* ocenjenih vrednosti za  $-0,06 \pm 0,42$  MJ, po DLG (1991) za  $0,42 \pm 0,43$  MJ, po DLG (1997) za  $0,50 \pm 0,36$  MJ, ocene ob pomoči regresijskih enačb Menkeja in Steingassa (1987) za  $0,36 \pm 0,42$  MJ, ocene na podlagi GfE (1998) enačb pa za  $0,53 \pm 0,40$  MJ NEL kg<sup>-1</sup> sušine.

Vse ocene so sistematično odstopale od *in vitro* ocenjenih vrednosti. Na grafikonu 1 vidimo, da imajo 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 ( $\beta \neq 1$ ,  $p < 0,001$ ). Rezultati kažejo, da so DLG (1982) preglednice v primerjavi z *in vitro* ocenami podcenile predvsem kakovostne vzorce, medtem ko so bili vzorci slabše kakovosti precenjeni. Za preglednice DLG (1991, 1997), pa tudi za ocene ob pomoči regresijskih enačb Menkeja in Steingassa (1987) ali (GfE, 1998), je značilno, da so vzorci slabe kakovosti precenjeni, kakovostnejši pa ocenjeni realno. Poleg povprečnih in sistematičnih odstopanj so problematična tudi velika odstopanja posameznih vzorcev, kar kaže na to, da travnih silaž na podlagi kemične sestave tudi ob eventualni korekciji sistematičnih napak ni mogoče zanesljivo oceniti. Tudi pri uporabi DLG (1982) preglednic, na podlagi katerih ocene v povprečju niso veliko odstopale od *in vitro* ocenjenih vrednosti, smo se pri oceni v povprečju zmotili za približno 0,3 MJ NEL. Pri posameznih vzorcih so bile napake še bistveno večje. Največja odstopanja od *in vitro* ocenjenih vrednosti pri posameznih metodah ocenjevanja so se gibala od

1,36 do 1,50 MJ NEL kg<sup>-1</sup> sušine, kar je podobno, kot ugotavljajo Babnik in sod. (2001) za mrvo. Ta odstopanja predstavljajo skoraj 30 % ocenjene vrednosti.

Preglednica 2. Ocene vsebnosti neto energije za laktacijo (NEL, v MJ kg<sup>-1</sup> 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 lactacion (NEL, in MJ kg<sup>-1</sup> DM) on the basis of digestibility coefficients from tables or regression equations in comparison to the *in vitro* estimated value

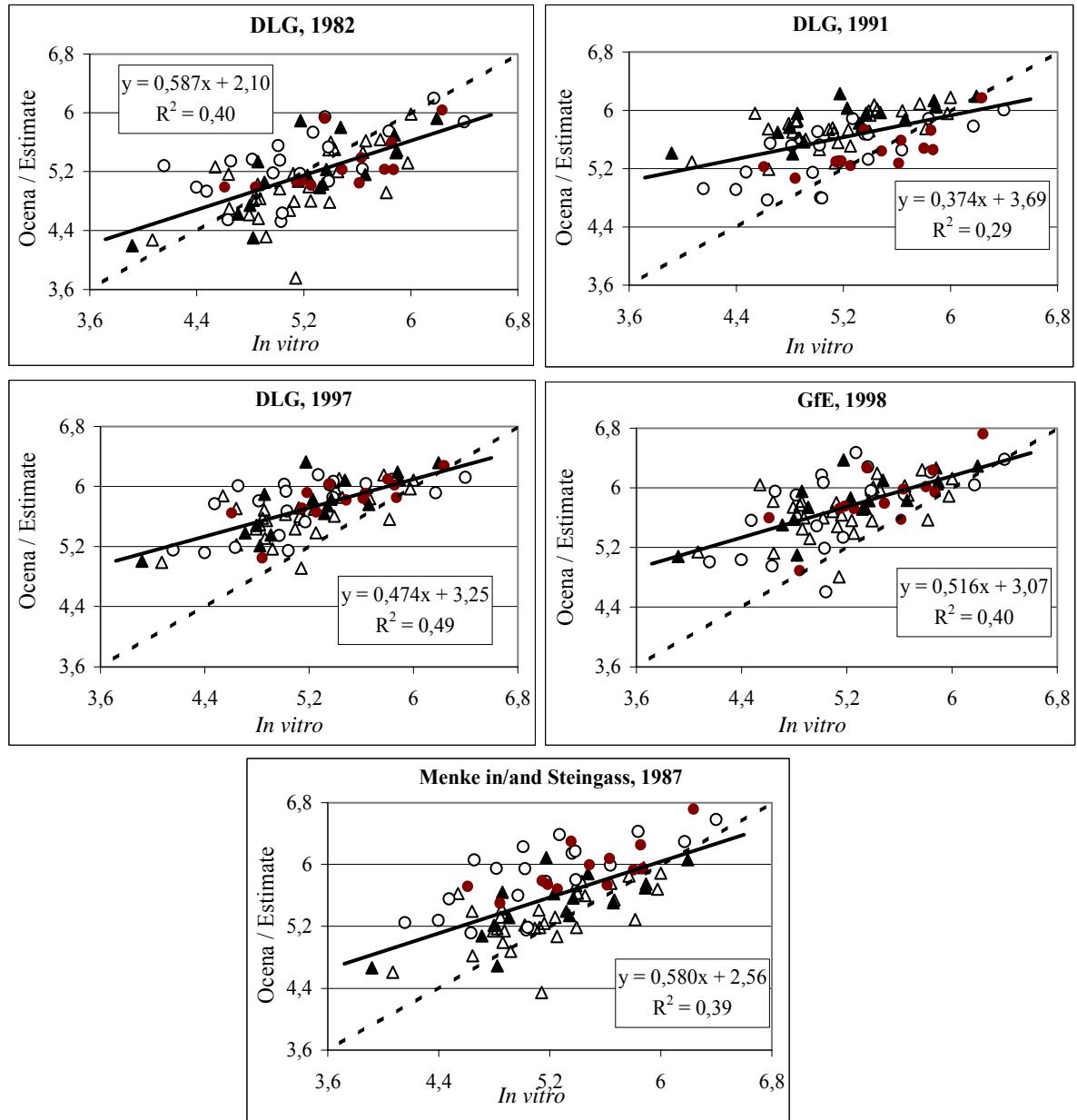
	Način ocenjevanja / Method of estimation					
	DLG, 1982	DLG, 1991	DLG, 1997	Menke in/and Steingass, 1987	GfE, 1998	<i>In vitro</i>
<b>Prva košnja iz leta 1999 / First cut from 1999 (n = 37)</b>						
Povprečje / Average	5,01	5,75	5,64	5,31	5,70	5,16
đ	-0,16	0,59	0,47	0,15	0,53	/
s <sub>d</sub>	0,41	0,36	0,35	0,37	0,41	/
PIO	0,30	0,59	0,51	0,30	0,58	/
Največ / Maximum	-1,38	1,42	1,33	1,09	1,50	/
<b>Druga in naslednje košnje iz leta 1999/Second end consecutive cuts from 1999 (n = 20)</b>						
Povprečje / Average	5,31	5,39	5,75	5,85	5,72	5,14
đ	0,17	0,25	0,61	0,71	0,58	/
s <sub>d</sub>	0,46	0,41	0,45	0,40	0,49	/
PIO	0,40	0,40	0,66	0,71	0,64	/
Največ / Maximum	1,13	0,90	1,36	1,41	1,30	/
<b>Prva košnja iz leta 2000 / First cut from 2000 (n = 27)</b>						
Povprečje / Average	5,18	5,88	5,78	5,50	5,83	5,26
đ	-0,08	0,62	0,52	0,24	0,57	/
s <sub>d</sub>	0,36	0,41	0,33	0,35	0,36	/
PIO	0,31	0,62	0,52	0,33	0,57	/
Največ / Maximum	0,72	1,50	1,15	0,91	1,20	/
<b>Druga in naslednje košnje iz leta 2000 / Second end consecutive cuts from 2000 (n = 16)</b>						
Povprečje / Average	5,29	5,46	5,83	5,95	5,86	5,45
đ	-0,16	0,01	0,38	0,50	0,41	/
s <sub>d</sub>	0,36	0,29	0,30	0,30	0,31	/
PIO	0,33	0,22	0,38	0,50	0,42	/
Največ / Maximum	-0,64	0,62	1,04	1,11	0,99	/
<b>Vsi vzorci / All samples (n = 100)</b>						
Povprečje / Average	5,17	5,64	5,73	5,59	5,76	5,23
đ	-0,06	0,42	0,50	0,36	0,53	/
s <sub>d</sub>	0,42	0,43	0,36	0,42	0,40	/
PIO	0,33	0,49	0,53	0,44	0,57	/
Največ / Maximum	-1,38	1,50	1,36	1,41	1,50	/

đ = povprečna razlika / average difference; đ =  $\sum d_i/n$

d<sub>i</sub> = 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<sub>d</sub> = standardni odklon razlik / standard deviation of difference

PIO = povprečje posamičnih odstopanj *in vitro* ocenjenih vrednosti NEL (v MJ kg<sup>-1</sup> 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<sup>-1</sup> DM) from values estimated on the basis of tables or equations from literature; PIO =  $\sum |d_i|/n$ .



Graf. 1. Povezava med *in vitro* ocenjeno vsebnostjo NEL ( $y = x$ ; -----) ter vsebnostjo NEL, ocenjeno na podlagi prebavljivostnih koeficientov iz preglednic (DLG, 1982; 1991; 1997; ——) ali regresijskih enačb (GfE, 1998; Menke in Steingass, 1987; ——), pri prvi košnji iz leta 1999 ( $\Delta$ ), drugi in naslednjih košnjah iz leta 1999 ( $\circ$ ), prvi košnji iz leta 2000 ( $\blacktriangle$ ) ter drugi in naslednjih košnjah iz leta 2000 ( $\bullet$ ). Vse izračunane premice značilno odstopajo od premice  $y = x$  v naklonu ( $\beta < 1$ ;  $p < 0,001$ ) in presečišču osi  $y$  ( $\alpha > 0$ ;  $p < 0,001$ ).

Graph 1. Relation between *in vitro* estimated concentration of NEL ( $y = x$ ; -----) and concentration of NEL estimated on the basis of digestibility coefficients from tables (DLG, 1982; 1991; 1997; ——) or by the use of regression equations (GfE, 1998; Menke and Steingass, 1987; ——), for first cut in 1999 ( $\Delta$ ), second and consecutive cuts in 1999 ( $\circ$ ), first cut in 2000 ( $\blacktriangle$ ) and second and consecutive cuts in 2000 ( $\bullet$ ). All regression lines deviate significantly from the line  $y = x$  in slope ( $\beta < 1$ ;  $p < 0.001$ ) and intercept with  $y$  axis ( $\alpha > 0$ ;  $p < 0.001$ ).

Vzroki za večja ali manjša odstopanja od *in vitro* ocenjenih vrednosti so lahko različni. Različne izdaje DLG preglednic, ki temeljijo na bazi podatkov Univerze v Hohenheimu, se med

seboj razlikujejo. Pri dani razvojni fazi in vsebnosti surove vlaknine pripisujejo novejše preglednice (DLG, 1997) silažam večjo vsebnost energije kot starejše preglednice (DLG, 1982). Preglednice se razlikujejo, ker so pri pripravi novejših preglednic starejše podatke iz baze odstranili, dodali pa podatke o novejših, kakovostnejših vzorcih. Po mnenju nemških strokovnjakov je treba preglednice prilagajati stanju v praksi, saj se zaradi napredka na področju žlahtnjenja, tehnologij pridelave in konzerviranja kakovost krme izboljšuje (DLG, 1991). Raziskava je nedvomno pokazala, da so v naših razmerah novejše preglednice in regresijske enačbe (GfE, 1998) primerne predvsem za ocenjevanje kakovostnejših vzorcev silaž, ki vsebujejo nad 5,5 MJ NEL kg<sup>-1</sup> sušine. Povprečna kakovost pridelane travne silaže v Sloveniji je po kakovosti slabša od povprečne silaže, pridelane v Nemčiji in najbrž bližja travnim silažam, ki so jih pridelovali pred dvajsetimi leti. Za ocenjevanje povprečne silaže in silaže slabše kakovosti z ekstenzivnih travnikov so se zato kot primernejše izkazale starejše preglednice. Vzroki za odstopanja v kakovosti so lahko različni, saj je kakovost odvisna od številnih vplivov, tako od rastnih razmer kot od oskrbovanja travinja, gnojenja, načinov spravila in postopkov med siliranjem. Analize vzorcev zemlje s slovenskega 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 travne silaže. Poleg tega je v Sloveniji precej travnih silaž onesnaženih z zemljo (Verbič, 1999), kar neugodno vpliva na potek fermentacije in s tem na kakovost silaže. Potek fermentacije travnih silaž predstavlja precejšen dodaten vir variabilnosti v kemični sestavi vzorcev. Potek fermentacije vpliva na vsebnost in sestavo surove vlaknine in s tem posredno tudi na večje napake pri ocenjevanju NEL. Na vsebnost NEL vpliva neposredno tudi vsebnost pepela, ki je odvisna predvsem od onesnaženosti krme za siliranje z zemljo. Pepel bi lahko vplival na ocenjeno vsebnost energije tudi posredno, prek napak pri izbiranju prebavljinovih koeficientov. Zaradi onesnaženosti krme z zemljo in posledičnega povečanja pepela v vzorcu se namreč vsebnost surove vlaknine v vzorcu navidezno zmanjša, ocenjeni prebavljinovni koeficienti pa povečajo. Primerjalno smo koeficiente prebavljinosti iz preglednic izbirali tudi na podlagi vsebnosti surove vlaknine v organski snovi. Na ta način smo izločili vpliv pepela, vendar točnosti ocene nismo uspeli povečati.

### Nove enačbe za ocenjevanje energijske vrednosti travnih silaž

V preglednici 3 podajamo regresijske enačbe, ki smo jih izračunali na vzorcih travnih silaž z znano *in vitro* ocenjeno vsebnostjo energije. Ugotovili smo, da z enostavno regresijsko enačbo na podlagi vsebnosti surove vlaknine pri travnih silažah ni bilo mogoče zadovoljivo napovedati vsebnosti presnovljive energije in vsebnosti neto energije za laktacijo. Za prakso so uporabne le multiple regresijske enačbe, v katere so kot neodvisne spremenljivke vključeni surova vlaknina, surove maščobe in surovi pepel. Pri ocenjevanju vsebnosti ME in NEL pri vzorcih silaž prve košnje smo z multiplo regresijo pojasnili od 55 do 56 % variabilnosti (enačbi 5 in 6), pri vzorcih druge in naslednjih košenj pa od 61 do 65 % variabilnosti (enačbi 11 in 12). Pri splošnih enačbah za ocenjevanje energijske vrednosti travnih silaž (enačbi 17 in 18) so bili koeficienti determinacije ( $R^2$ ) manjši. Pri enačbi za napoved vsebnosti ME je znašal determinacijski koeficient 0,52, pri enačbi za napoved vsebnosti NEL pa 0,48.

Izračunana koeficiente determinacije sta nekoliko večja, kot ju navajajo GfE (1998) za travno silažo prve košnje ( $R^2 = 0,43$ ) ter druge in naslednjih košenj ( $R^2 = 0,43$ ), vendar nekoliko manjša, kot ga za voluminozno krmo navajata Menke in Steingass (1987;  $R^2 = 0,77$ ). S predlaganimi regresijskimi enačbami za ocenjevanje vsebnosti energije v travnih silažah se je mogoče izogniti sistematičnim odstopanjem, ne pa naključnim posamičnim odstopanjem. Naključnih posamičnih odstopanj, ki znašajo v povprečju nad 0,4 MJ NEL, z obstoječimi metodami ocenjevanja, to je z weendsko analizo in uporabo regresijskih enačb ali koeficientov prebavljinosti iz preglednic, ni mogoče izločiti.

Preglednica 3. Regresijske enačbe za napovedovanje vsebnosti presnovljive energije (ME) in neto energije za laktacijo (NEL) na podlagi 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	R2	SEE
	Prva košnja / First cut (n = 47)		
1	ME = 13,54 – 0,01293 SVI – 0,00703 SP	0,40	0,56
2	NEL = 8,34 – 0,00910 SVI – 0,00392 SP	0,41	0,39
3	ME = 11,05 – 0,01118 SVI + 0,03592 SM	0,46	0,53
4	NEL = 6,82 – 0,00809 SVI + 0,02370 SM	0,48	0,36
5	ME = 12,32 – 0,01283 SVI + 0,03929 SM – 0,00815 SP	0,56	0,48
6	NEL = 7,55 – 0,00903 SVI + 0,02562 SM – 0,00465 SP	0,55	0,34
	Druga in naslednje košnje / Second and consecutive cuts (n = 33)		
7	ME = 13,95 – 0,01372 SVI – 0,01290 SP	0,51	0,59
8	NEL = 8,56 – 0,00952 SVI – 0,00783 SP	0,47	0,41
9	ME = 7,30 – 0,00403 SVI + 0,07394 SM	0,48	0,61
10	NEL = 4,41 – 0,00353 SVI + 0,04719 SM	0,46	0,41
11	ME = 10,71 – 0,00967 SVI + 0,04889 SM – 0,00919 SP	0,65	0,50
12	NEL = 6,40 – 0,00683 SVI + 0,03256 SM – 0,00537 SP	0,61	0,36
	Vse košnje / All cuts (n=80)		
13	ME = 12,85 – 0,00978 SVI – 0,01039 SP	0,38	0,60
14	NEL = 7,80 – 0,00677 SVI – 0,00615 SP	0,35	0,42
15	ME = 8,83 – 0,00535 SVI + 0,04626 SM	0,35	0,62
16	NEL = 5,32 – 0,00406 SVI + 0,02970 SM	0,35	0,42
17	ME = 10,84 – 0,00797 SVI + 0,03916 SM – 0,00905 SP	0,52	0,53
18	NEL = 6,49 – 0,00559 SVI + 0,02557 SM – 0,00527 SP	0,48	0,38

SEE = standardna napaka ocene / standard error of estimate

R<sup>2</sup> = koeficient determinacije / coefficient of determination

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

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 = 70), preostale vzorce (n = 10) pa uporabili za njihovo testiranje. Odstopanja 10 naključno izbranih vzorcev od *in vitro* ocenjenih vrednosti predstavljamo v preglednici 4. V primerjavi z multiplimi enačbami iz literature (GfE, 1998; Menke in Steingass, 1987) smo uspeli s predlaganimi enačbami pri 10 naključno izbranih vzorcih standardni odklon odstopanj od *in vitro* ocenjenih vrednosti zmanjšati za približno 7 %, povprečje posamičnih odstopanj za več kot 20 % ter največje odstopanje za približno 11 %. Z uporabo predlaganih enačb (preglednica 3) lahko torej zmanjšamo del sistematične napake, ostajajo pa razmeroma velika največja in posamična odstopanja. Menimo, da bi predlagane enačbe lahko še izpopolnili, če bi enačbe izračunali na zbirki podatkov, dopolnjeni v naslednjih letih, in enačbe preverili na večjem številu raznolikih vzorcev. Iz rezultatov te študije in rezultatov, ki so jih objavili Babnik in sod. (2001), sklepamo, da je z opisanimi metodami ocenjevanje energijske vrednosti pri travnih silažah manj zanesljivo kot pri mrvi. Pri travnih silažah smo ugotovili večja povprečja posamičnih odstopanj in večja največja odstopanja od *in vitro* ocenjenih vrednosti. Pri travnih silažah se je torej še bolj kot pri mrvi pokazala potreba po uvajanju in razvoju novih metod ocenjevanja energijske vrednosti za prakso. Napredek bi verjetno prineslo določanje detergentskih vlaken ali pa neposredno

ocenjevanje energijske vrednosti travnih silaž z uporabo analizatorjev, ki delujejo na načelu bližnje infrardeče spektroskopije (NIRS). Napredek pri uporabi NIRS analizatorjev pa seveda lahko pričakujemo le v primeru, da bomo za njihovo umerjanje uporabljali vzorce z *in vivo* ali *in vitro* ocenjeno vrednostjo.

Preglednica 4. Ocene vsebnosti neto energije za laktacijo (NEL, v MJ kg<sup>-1</sup> 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<sup>-1</sup> 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	Menke in/and Steingass, 1987	GfE, 1998	Enačba Equation A <sup>#</sup>	Enačbi Equations B <sup>#</sup>
Povprečje/ Average	5,08	5,65	5,68	5,56	5,73	5,20	5,16
đ	-0,23	0,34	0,37	0,25	0,42	-0,11	-0,15
s <sub>d</sub>	0,42	0,57	0,47	0,46	0,50	0,49	0,43
PIO	0,39	0,44	0,48	0,44	0,49	0,39	0,34
Največ/ Maximum	-0,90	1,50	1,09	0,93	1,16	0,91	0,83

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

<sup>#</sup> Enačbe A (NEL = 6,241 - 0,00485×SVI + 0,02457×SM - 0,00474×SP) in B (prva košnja, NEL = 7,163 - 0,00794×SVI + 0,0240×SM - 0,00378×SP; druga in naslednje košnje, NEL = 6,037 - 0,00586×SVI + 0,0337×SM - 0,00488×SP) so bile izračunane na zmanjšanem številu vzorcev silaž (n = 70) in zaradi tega nekoliko odstopajo od ustreznih enačb v preglednici 3 (enačbe št. 18, 6 in 12)

<sup>#</sup> Equations A (NEL = 6.241 - 0.00485×SVI + 0.02457×SM - 0.00474×SP) and B (first cut, NEL = 7.163 - 0.00794×SVI + 0.0240×SM - 0.00378×SP; second and consecutive cuts, NEL = 6.037 - 0.00586×SVI + 0.0337×SM - 0.00488×SP) were calculated on the basis of reduced number of silage samples (n = 70) and are therefore slightly different from adequate equations from Table 3 (equations No. 18, 6 and 12)

## SKLEPI

Pri ocenjevanju vsebnosti neto energije za laktacijo oziroma vsebnosti presnovljive energije v travnih silažah na podlagi prebavlјivostnih koeficientov iz preglednic ali regresijskih enačb iz literature so možne precejšnje napake. Raziskave so pokazale, da je točnost ocene odvisna tako od izbire ustreznih preglednic kakor tudi od razpoložljivih informacij o vzorcu, ki ga ocenjujemo. Za ocenjevanje povprečnih in manj kakovostnih vzorcev travnih silaž, ki vsebujejo manj kot 5,5 MJ NEL kg<sup>-1</sup> sušine, priporočamo starejše nemške preglednice (DLG, 1982), saj novejše preglednice energijsko vrednost takih silaž precenjujejo. Za ocenjevanje kakovostnih travnih silaž pa so primernejše novejše preglednice (DLG, 1997), pa tudi enačba po Menkeju in Steingassu (1987) ali uradne nemške enačbe (GfE, 1998). Z uporabo regresijskih enačb, ki smo jih izračunali iz *in vitro* ocnjene energijske vrednosti travnih silaž, lahko zmanjšamo sistematična odstopanja. Za zmanjšanje razmeroma velikih posamičnih odstopanj bi bilo potrebno uvesti novejše postopke ocenjevanja, kot so določanje detergenskih vlaken, encimske prebavlјivosti ali pa neposredno ocenjevanje energijske vrednosti travnih silaž z uporabo optimalno umerjenih sodobnih analizatorjev, ki delujejo na načelu bližnje infrardeče spektroskopije.

## SUMMARY

Concentration of net energy for lactation (NEL) and metabolizable energy (ME) concentration of 80 grass silage 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 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 (Menke and Steingass, 1987; GfE, 1998).

Chemical composition of silage samples is presented in Table 1. Samples covered the range that was reported by other authors and assumed to be significant for Slovenian conditions. Regression analysis showed that all estimates based on digestibility coefficients from tables or on regression equations from literature deviated systematically from *in vitro* estimated values (Graph 1). Differences were due to intercepts, which differed significantly from 0, and to linear regression coefficients, which differed significantly from 1. It was concluded that the low quality samples with NEL concentration below 5.5 MJ kg<sup>-1</sup> dry matter could be estimated with higher accuracy by the use of the DLG (1982) tables. For estimation of samples that contain more than 5.5 MJ NEL kg<sup>-1</sup> dry matter recent German tables (DLG, 1997) or equations (Menke and Steingass, 1987; GfE, 1998) are more suitable.

New regression equations for estimation of concentration of ME and NEL were proposed (Table 3). By the inclusion of crude fibre, crude fat and ash into the multiple regression model, 52% of variability in the concentration of ME and 48% of variability in the concentration of NEL was explained (eq 17 and 18). When silages that were made from first cut grass were treated separately from those that were made from second and consecutive cuts the determination coefficients were slightly higher (from 0.55 to 0.65; equations 5, 6, 11 and 12). Validation of equations was done by regression analysis performed on limited number of samples ( $n = 70$ ). Randomly selected samples that were not included in regression analyses (validation set,  $n = 10$ ) were then used to test reliability of equations (Table 4). The lowest average individual deviation was achieved by equations which were specific for the individual cuts (B) followed by general equation (A) and DLG (1982) tables. It was concluded that reliability of silage evaluation could be improved by the use of proper tables or regression equations. However, unexplained deviations of about 0.4 MJ NEL kg<sup>-1</sup> 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 Grunfutteramitteln 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.
- Babnik, D./ Verbič, J./ Žnidaršič, T. Ocenjevanje energijske vrednosti mrve. Zb. Bioteh. Fak. Univ. Ljublj., Kmet. Zooteh., 78(2001)2, 137–149.
- 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. Kakovost travne silažev letu 1991. Znanost in praksa v govedorejji, 17(1993), 161–168.
- 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.
- 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 "Zadravčevi-Erjavčevi dnevi" (ur.: Pen, A.), Radenci, 1998-10-26/27. Murska Sobota, Žvinorejsko-veterinarski zavod za Pomurje, 1998, 181–190.
- 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./ Golob, A./ Stibilj, V. Sestava in hranilna vrednost voluminozne krme, analizirane v letu 1988. Zb. Bioteh. Fak. Univ. Ljubl., Kmet. Živin., 54(1989), 81–92.
- Stekar, J.M.A./ Golob, A./ Stibilj, V./ Koman Rajšp, M. Sestava in hranilna vrednost voluminozne krme v letu 1990. Zb. Bioteh. Fak. Univ. Ljubl., Kmet. Živin., 58(1991), 149–155.
- Stekar, J.M.A./ Zagožen, F./ Golob, A. Estimation of hay energy value with a regression equation. Zb. Bioteh. Fak. Univ. Ljubl., 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. Ljubl., Kmet. Zooteh., 64(1994), 169–172.
- Stekar, J.M.A./ Zagožen, F./ Ovčar Sešelj, I./ Golob, A. Ocena neto energijske vrednosti mrve s koeficienti prebavljenosti in z regresijsko enačbo. Zb. Bioteh. Fak. Univ. Ljubl., Kmet. Zooteh., 62(1993), 287–296.
- Sušin, J. Oskrbljenost tal s fosforjem in kalijem na travnikih in vrtovih. Sodobno kmetijstvo, 34(2001)10, 455–458.
- Verbič, J. Kakovost voluminozne krme v Sloveniji. Sodobno kmetijstvo, 32(1999), 576–582.
- Verbič, J./ Babnik, D. Oskrbljenost prežekovalcev 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./ 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" (ur.: Pen, A.), Radenci, 2000-11-9/10. Murska Sobota, Žvinorejsko-veterinarski zavod za Pomurje, 2000, 28–40.