

## OCENJEVANJE ENERGIJSKE VREDNOSTI KRME S TRAVINJA

Drago BABNIK<sup>a)</sup> in Jože VERBIČ<sup>b)</sup>

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

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

Delo je prispelo 17. julija 2000, sprejeto 16. oktobra 2000.

Received July 17, 2000, accepted October 16, 2000.

### IZVLEČEK

Pri 19 vzorcih zelene krme, 5 vzorcih travne silaže in enem vzorcu sena z znano *in vivo* določeno prebavljivostjo smo po uradnem nemškem sistemu (DLG, 1997) ocenili vsebnost presnovljive energije (ME) in neto energije za laktacijo (NEL). Primerjalno smo energijsko vrednost in prebavljivost organske snovi (pOS) vzorcev ocenili na podlagi kemične sestave in prebavljivosti iz preglednic (DLG, 1997). Ugotovili smo, da na podlagi podatkov iz DLG preglednic podcenjujemo pOS za  $2,1 \pm 3,95\%$ , vsebnost ME za  $0,29 \pm 0,52$  MJ, vsebnost NEL pa za  $0,21 \pm 0,37$  MJ kg<sup>-1</sup> sušine (SS). Nekoliko manjše odstopanje od *in vivo* ocen smo dobili pri ocenjevanju ME ( $0,04 \pm 0,45$  MJ kg<sup>-1</sup> SS) in NEL ( $0,03 \pm 0,33$  MJ kg<sup>-1</sup> SS) na podlagi kemične sestave in regresijskih enačb iz literature (GfE, 1998). S hohenheimskim plinskim preskusom (*in vitro*) in uporabo primernih regresijskih enačb iz literature smo bistveno izboljšali točnost ocene. Razmeroma točna je bila enačba Menkeja in Steingassa (1987), po kateri smo v primerjavi z oceno *in vivo* podcenili vsebnost ME za  $0,12 \pm 0,26$  MJ, vsebnost NEL pa za  $0,09 \pm 0,19$  MJ kg<sup>-1</sup> SS. Enačbe Aipleja in sod. (1995) so *in vivo* ocenjeno vsebnost ME precenile za  $0,15 \pm 0,24$  MJ kg<sup>-1</sup> SS, vsebnost NEL pa za  $0,10 \pm 0,17$  MJ kg<sup>-1</sup> SS. Pretežen del variabilnosti v vsebnosti ME je mogoče pojasniti z multiplo regresijsko enačbo na osnovi količine plina, ki nastane pri inkubaciji vzorcev z vampnim sokom in vsebnosti surovih maščob ( $R^2 = 0,96$ ).

Ključne besede: krma / travinje / energijska vrednost / kemična sestava / prebavljivost

### ESTIMATION OF ENERGY VALUE OF GRASSLAND FORAGE

#### ABSTRACT

Concentration of metabolizable energy (ME) and net energy for lactation (NEL) of 19 samples of green forage, 5 samples of grass silage and one sample of hay with known *in vivo* measured digestibility were estimated according to official German system (DLG, 1997). Energy value and organic matter digestibility (dOM) were comparatively estimated on the basis of chemical composition and digestibilities from tables. It was established that on the basis of data from DLG tables dOM was underestimated for  $2.1 \pm 3.95\%$ , concentration of ME for  $0.29 \pm 0.52$  MJ and concentration of NEL for  $0.21 \pm 0.37$  MJ kg<sup>-1</sup> dry matter (DM). Somewhat lower deviation from *in vivo* estimates were obtained in estimation of ME ( $0.04 \pm 0.45$  MJ kg<sup>-1</sup> DM) and NEL ( $0.03 \pm 0.33$  MJ kg<sup>-1</sup> DM) on the basis of chemical composition and regression equations from literature (GfE, 1998). By the use of Hohenheim gas production test (*in vitro*) and adequate regression equations from literature the accuracy of estimate was increased markedly. Relatively precise was found to be the equation by (Menke and Steingass, 1987), which in comparison to *in vivo* estimation underestimated the concentration of ME for  $0.12 \pm 0.26$  MJ and concentration of NEL for  $0.09 \pm 0.19$  MJ kg<sup>-1</sup> DM. Equations by Aiple *et al.* (1995) overestimated *in vivo* estimated concentration of ME for  $0.15 \pm 0.24$  MJ kg<sup>-1</sup> DM and concentration of NEL for  $0.10 \pm 0.17$  MJ

kg<sup>-1</sup> DM. The major part of variability in concentration of ME can be explained with multiple regression equation on the basis of gas production, which is developed during the incubation of samples with rumen liquor and concentration of crude fat ( $R^2 = 0.96$ ).

Key words: forage / grassland / energy value / chemical composition / digestibility

## UVOD

V Sloveniji je bilo opravljeno razmeroma malo *in vivo* prebavljivostnih poskusov. Ocenjevanje energijske vrednosti krme za prakso zato temelji samo na tujih podatkih, običajno na prebavljivostnih koeficientih iz DLG preglednic. Vzorec krme, ki ga ocenjujemo, pogosto težko uvrstimo v točno določeno kategorijo oziroma skupino krme. Vzorci krme s travinja 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. Slednje predstavlja pomemben vir napak pri ocenjevanju. Raziskave nedvomno kažejo, da nastajajo pri ocenjevanju energijske vrednosti krme precejšnje razlike med ocenjevalci, pa tudi med ponovitvami znotraj istega ocenjevalca (Ovčar Šešelj, 1990; Stekar in sod., 1993) ter da lahko z regresijskimi enačbami objektivneje ocenimo energijsko vrednost krme kot s pregledničnimi koeficienti prebavljivosti (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 razhajajo tudi laboratoriji. Da bi se izognili napaki, ki nastaja zaradi subjektivne izbire prebavljivostnih koeficientov iz preglednic, sta Verbič in Babnik (1999) predlagala uporabo uradnih nemških regresijskih enačb (GfE, 1998), ki temeljijo na kemični sestavi krme. Hkrati sta avtorja predloga podvomila o uporabnosti nemških enačb za ocenjevanje voluminozne krme, saj je naša krma pridelana v drugačnih rastnih razmerah in enačbe verjetno niso povsem zanesljive.

Na splošno velja, da je točnost ocenjevanja prebavljivosti ali energijske vrednosti krme na podlagi kemične sestave precej nezanesljiva. Točnost ocen lahko bistveno izboljšamo z uporabo različnih *in vitro* metod, kot so celulazna metoda (De Boever in sod., 1986), dvostopenjska metoda po Tilleyu in Terryu (1963) ali hohenheimski plinski preskus, ki temelji na inkubacijah vzorcev z vampnim sokom (Menke in Steingass, 1987). Med *in vitro* metodami je plinski preskus med zanesljivejšimi, njegova šibka stran pa je, podobno kot pri metodi Tilleya in Terrya (1963), da laboratorij potrebuje fistulirane živali za odvzem vampnega soka. Obe metodi, ki temeljita na inkubacijah vzorcev z vampnim sokom, pogosto uporabljamo kot pripomoček pri raziskovalnem delu ali tudi v praktičnih razmerah, na primer pri pripravi preglednic za ocenjevanje hranilne vrednosti krme (DLG, 1997). Prav tako bi lahko z njima preverili in prilagodili regresijske enačbe za neposredno ocenjevanje energijske vrednosti krme na podlagi kemične sestave.

Namen raziskave je bil oceniti uporabnost nemških enačb in DLG preglednic za ocenjevanje energijske vrednosti krme. Primerjalno smo ugotavljali tudi zanesljivost *in vitro* ocenjevanja vsebnosti presnovljive energije, neto energije za laktacijo in prebavljivosti organske snovi na podlagi kemične sestave in količine plina, ki nastane pri hohenheimskem plinskem preskusu. Preskusili smo zanesljivost različnih regresijskih enačb iz literature.

## MATERIAL IN METODE

### Vzorci krme

Multiple regresijske enačbe iz literature za ocenjevanje prebavljivosti organske snovi in energijske vrednosti krme smo preverili na 25 vzorcih krme s travinja (preglednica 1). Pri vseh vzorcih smo določili *in vivo* prebavljivost organske snovi, surovih beljakovin, surovih maščob,

surove vlaknine in brezdušičnih izvlečkov (preglednica 2). *In vivo* prebavljivost smo določali na štirih ovnih z metodo zbiranja celokupnega blata. V preverjanje smo vključili 18 vzorcev zelene krme prve košnje, ki izvirajo iz istega travnika in se med seboj razlikujejo le v starosti (Verbič in sod., 1999), vzorec travne silaže in zelene krme druge košnje (Verbič, 1996) ter štiri vzorce travne silaže različne ovelosti in en vzorec sena, ki se med seboj razlikujejo le po načinu konzerviranja (Verbič in sod., 1999).

Preglednica 1. Kemična sestava, količina plina ter *in vivo* ocenjena vsebnost presnovljive energije in neto energije za laktacijo pri krmi s travinja

Table 1. Chemical composition, gas production and *in vivo* estimated concentration of metabolizable energy and net energy for lactation in grassland forage

	OS	SB	SVI	SM	BNI	SP	NDV	KDV	KDL	PL <sub>24</sub>	BE	ME	NEL
	g kg <sup>-1</sup> SS									ml	MJ kg <sup>-1</sup> SS		
Povprečje Average	906	128	288	30	460	94	541	322	29,5	48,1	18,09	9,81	5,83
SO	17,3	40,6	61,5	10,4	28,4	17,3	81,3	64,4	11,9	5,1	0,30	0,99	0,71
Najmanj Minimum	873	78	187	16	393	64	395	220	12,6	34,2	17,76	8,01	4,56
Največ Maximum	936	211	383	56	521	127	672	438	57,9	53,8	18,67	11,32	6,93

#### OKRAJŠAVE / ABBREVIATIONS

SO – standardni odklon / standard deviation; SS – sušina / dry matter; OS – organska snov / organic matter; SB – surove beljakovine / crude protein; SM – surove maščobe / crude fat; SVI – surova vlaknina / crude fibre; BNI – brezdušični izvlečki / nitrogen free extractives; SP – surovi pepel / crude ash; NDV – v nevtralnem detergentu netopna vlakna / neutral detergent fibre; KDV – v kislem detergentu netopna vlakna / acid detergent fibre; KDL – v kislem detergentu netopni lignin / acid detergent lignin; PL<sub>24</sub> – količina plina po 24 urah inkubacije (ml/200 mg SS) / gas production at 24 h incubation time (ml/200 mg DM); BE – bruto energija / gross energy; ME – presnovljiva energija / metabolizable energy; NEL – neto energija za laktacijo / net energy for lactation

### Kemijske analize in hohenheimski plinski preskus

Vsebnost vlage, surovih beljakovin, surove vlaknine in surovega pepela smo določali po metodah, ki jih opisujeta Naumann in Bassler (1976). Vsebnost surovih maščob smo določili na Fossletu z ekstrakcijo s tetrakloretilenom. Vsebnost v nevtralnem detergentu netopnih vlaken, v kislem detergentu netopnih vlaken in lignina smo določali po metodi Goeringa in Van Soesta (1970).

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 predpisanega pufra in jih inkubirali v vodni kopeli pri 39° C. Meritve smo opravili v treh ponovitvah. Po 24 urah smo odčitali količino nastalega plina ter ga korigirali tako, da smo najprej odšteli količino plina, ki se je razvila med inkubacijo vampnega soka brez vzorca. Nato smo rezultate korigirali glede na aktivnost vampnega soka tako, da se je količina plina pri standardnem vzorcu sena ujemala z deklarirano. V poskusu smo uporabili izvorni standardni vzorec sena, ki so nam ga poslali z Univerze v Hohenheimu (HFT-99; 44,43 ml/200 mg SS).

Preglednica 2. *In vivo* prebavljivost organske snovi (pOS), surovih beljakovin (pSB), surove vlaknine (pSVI), surovih maščob (pSM) in brezdušičnih izvlečkov (pBNI) pri krmi s tavinja (n=25)

Table 2. *In vivo* digestibility of organic matter (pOS), crude protein (pSB), crude fibre (pSVI), crude fat (pSM) and nitrogen free extractives (pBNI) in grassland forage (n=25)

	pOS	pSB	pSVI	pSM	pBNI
	%				
Povprečje / Average	71,0	66,6	71,3	57,4	72,7
Standardni odklon / Standard deviation	7,21	5,62	8,21	11,00	8,11
Najmanj / Minimum	58,2	56,4	56,1	40,3	60,5
Največ / Maximum	81,9	78,1	85,8	79,9	85,1

## Ocenjevanje vsebnosti energije in prebavljivosti organske snovi

### Ocenjevanje *in vivo*

Pri vseh vzorcih smo na podlagi kemične sestave in *in vivo* določenih prebavljivosti po uradnem nemškem sistemu (DLG, 1997) ocenili vsebnost presnovljive energije in neto energije za laktacijo. Vsebnost presnovljive energije (ME) smo ocenili na osnovi prebavljivih surovih maščob (PSM), prebavljive surove vlaknine (PSVI), prebavljive organske snovi (POS) in surovih beljakovin (SB) po enačbi 1.

$$ME \text{ (MJ kg}^{-1}\text{)} = 0,0312 \text{ PSM} + 0,0136 \text{ PSVI} + 0,0147 \text{ (POS} - \text{PSM} - \text{PSVI)} + 0,00234 \text{ SB} \quad [1]$$

Vsebnost neto energije za laktacijo (NEL) smo ocenili po enačbi 2, pri čemer q predstavlja presnovljivost energije (enačba 3).

$$NEL \text{ (MJ kg}^{-1}\text{)} = 0,6 (1 + 0,004 (q-57)) ME \text{ (MJ kg}^{-1}\text{)} \quad [2]$$

$$q = 100 ME/BE \quad [3]$$

Bruto energijo (BE) smo ocenili iz vsebnosti surovih beljakovin (SB), surovih maščob (SM), surove vlaknine (SVI) in brezdušičnih izvlečkov (BNI) po enačbi 4. Vsebnosti hranilnih snovi navajamo v g kg<sup>-1</sup>.

$$BE \text{ (MJ kg}^{-1}\text{)} = 0,0239 \text{ SB} + 0,0398 \text{ SM} + 0,0201 \text{ SVI} + 0,0175 \text{ BNI} \quad [4]$$

V zadnjem desetletju so se uradne nemške enačbe za *in vivo* ocenjevanje presnovljive energije in neto energije za laktacijo večkrat spreminjale, nazadnje leta 1995 (GfE, 1995). Pri ocenjevanju vsebnosti energije na naših vzorcih krme s travinja smo ugotovili, da so razlike med posameznimi enačbami razmeroma majhne. Absolutna razlika med novo in staro enačbo (GfE, 1995; DLG, 1991) je bila v povprečju samo 0,05 MJ ME kg<sup>-1</sup> oziroma 0,03 MJ NEL kg<sup>-1</sup> sušine. Zaradi majhne razlike smo v nadaljevanju preverjali različne stare in nove regresijske enačbe za neposredno ocenjevanje vsebnosti energije, ne glede na datum njihove objave.

### Ocenjevanje na osnovi preglednic

Iz pregledničnih vrednosti (DLG, 1997) smo ocenjevali vsebnost energije tako, da smo glede na opis vzorca in vsebnost surove vlaknine z interpolacijo ocenili prebavljivost posameznih hranilnih snovi in po enačbah 1, 2, 3 in 4 ocenili vsebnost ME in NEL.

### Ocenjevanje na osnovi enačb iz literature

Vsebnost ME v krmi smo ocenjevali na osnovi kemične sestave in regresijskih enačb, navedenih v preglednici 3 (enačbe 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11). Vsebnost NEL smo ocenjevali na podlagi vsebnosti ME ob uporabi enačb 2, 3 in 4.

### Ocenjevanje *in vitro*

Vsebnosti ME in NEL v krmi smo ocenili tudi *in vitro* in sicer glede na kemično sestavo in količino plina ob uporabi regresijskih enačb iz literature (preglednici 3, enačbe 12, 13, 14, 15, 16, 17, 20, 21 in 22). Preverili smo tudi nekatere druge regresijske enačbe (Gruber, 1996; Aiple in sod., 1992; Rohr in sod., 1986), ki pa jih zaradi njihovih večjih odstopanj od *in vivo* ocen ne navajamo posebej. Po enakih postopkih smo ocenili tudi prebavljivost organske snovi (enačbi 18 in 19).

### Statistična analiza

Razlike med *in vivo* ter z ostalimi postopki ocenjene ME, NEL in pOS smo preverili s parnim t-testom, vrednosti pa prikazali kot povprečno razliko in standardni odklon razlik ( $\bar{d} \pm s_d$ ). Izračunali smo linearne regresijske premice ( $y = \alpha + \beta x + \varepsilon$ ) med *in vivo* (x) ter z ostalimi postopki (na podlagi preglednic, enačb iz literature ter *in vitro*) ocenjene vsebnosti ME, NEL in pOS (y). 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, NEL in pOS smo uporabili računalniški program Statgraphics (1996).

## REZULTATI IN RAZPRAVA

### Značilnosti vzorcev

Vzorci krme, na katerih smo preverjali enačbe, so bili razmeroma spremenljivi (preglednica 1), saj se je vsebnost surovih beljakovin gibala od 78 do 211 g, vsebnost surove vlaknine od 187 do 383 g v sušini, količina nastalega plina pri hohenheimskem plinskem preskusu od 34,2 do 53,8 ml na 200 mg sušine, *in vivo* določena prebavljivost organske snovi pa od 58,2 do 81,9%. V povprečju so bili vzorci krme precej podobni vzorcem, na katerih sta izračunala enačbe Menke in Steingass (1987), kakor tudi vzorcem, na katerih so bile izračunane uradne nemške enačbe (GfE, 1998).

### Ocenjevanje na podlagi kemične sestave in DLG preglednic

Ocenjevanje prebavljivosti organske snovi na podlagi preglednic (DLG, 1997) ni zanesljivo, saj smo prebavljivost organske snovi vzorcev iz našega poskusa značilno podcenili ( $2,1 \pm 3,95\%$ , preglednica 4). Preglednično ocenjene prebavljivosti organske snovi odstopajo absolutno od *in vivo* določenih povprečno za 3,7% (absolutno), največje odstopanje pri enem od vzorcev pa je 10%. Prebavljivost organske snovi smo podcenili predvsem pri vzorcih krme s prebavljivostjo organske snovi, manjšo od 70%.

Preglednica 3. Regresijske enačbe za napovedovanje vsebnosti energije in prebavljivosti organske snovi (pOS v %) v voluminozni krmi

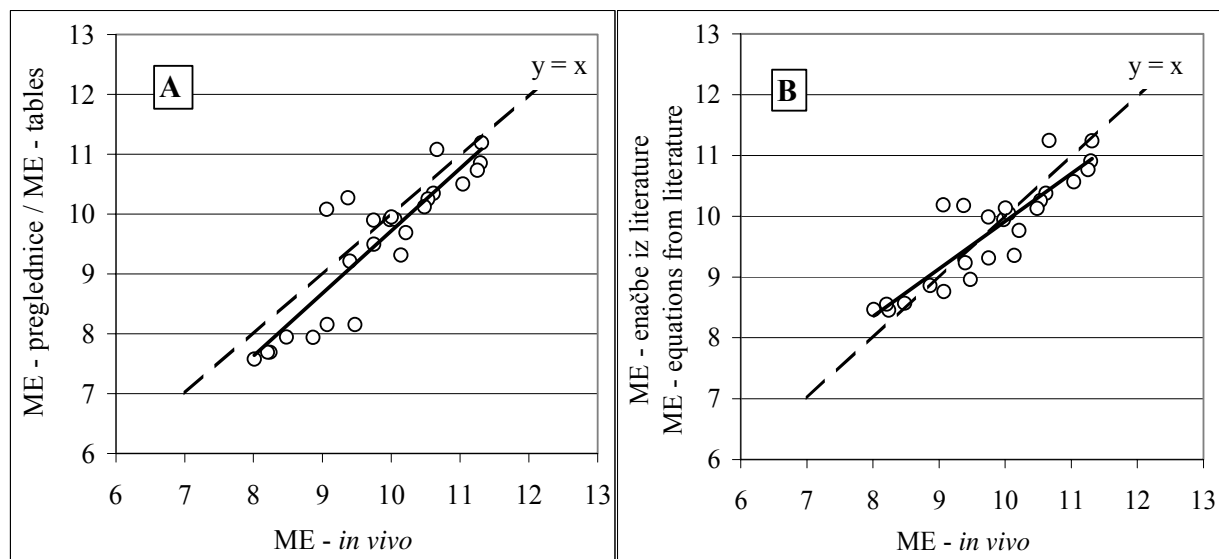
Table 3. Regression equations for prediction of concentration of energy and digestibility of organic matter (pOS in %) in roughages

Št. No.	Vrsta krme Type of forage	Enačba / Equation	Vir Reference
Enačbe na podlagi kemične sestave / Equations on the basis of chemical composition			
5	Voluminozna krma	ME = 14,68 – 0,0182 SVI	Menke in/and Steingass, 1987
6	Roughages	ME = 14,51 – 0,0143 KDL	
7	Zelena krma, 1. košnja Green forage, first cut	ME = 14,06 – 0,0137 SVI + 0,00483 SB – 0,0098 SP	GfE, 1998
8	Zelena krma, 2. in naslednje košnje Green forage, second and next cuts	ME = 12,47 – 0,00686 SVI + 0,00388 SB – 0,01335 SP	
9	Travna silaža, 1. košnja Grass silage, first cut	ME = 13,99 – 0,01193 SVI + 0,00393 SB – 0,01177 SP	
10	Travna silaža, 2. in naslednje košnje Grass silage, second and next cuts	ME = 12,91 – 0,01003 SVI + 0,00689 SB – 0,01553 SP	
11	Seno, 1. košnja Hay, first cut	ME = 13,69 – 0,01624 SVI + 0,00693 SB – 0,0067 SP	
Enačbe na podlagi kemične sestave in količine plina ( <i>in vitro</i> ) Equations on the basis of chemical composition and gas production ( <i>in vitro</i> )			
12	Zelena krma Green forage	ME = 1,12 + 0,4348 SM – 0,0002915 SM×SP + 0,000278 SM×SB – 0,003997 SM×SM – 0,003699 PL <sub>24</sub> ×SM + 0,001898 PL <sub>24</sub> ×PL <sub>24</sub>	Aiple in sod./et al., 1995
13	Travna silaža Grass silage	ME = – 2,60 + 0,1438 SM + 0,2353 PL <sub>24</sub> + 0,00002146 SB×SVI + 0,0002798 SM×SB – 0,003768 PL <sub>24</sub> ×SM	
14	Seno Hay	ME = 4,99 + 0,1695 PL <sub>24</sub> – 0,00006067 SP×SP + 0,00006168 SP×SB + 0,0002373 SM×SVI – 0,0003105 PL <sub>24</sub> ×SVI – 0,001134 PL <sub>24</sub> ×SM	
15	Voluminozna krma Roughages	NEL = 2,69 + 0,0827 PL <sub>24</sub> + 0,000352 SM×SM – 0,00375 SVI	
16	Seno – Hay	NEL = 2,88 + 0,0754 PL <sub>24</sub> + 0,000398 SM×SM – 0,00340 SVI	Menke in/and Steingass, 1987
17	Silaže – Silages	NEL = 1,99 + 0,0989 PL <sub>24</sub> + 0,000352 SM×SM – 0,00365 SVI	
18	Sveža krma Fresh forage	pOS = 14,51 + 0,849 PL <sub>24</sub> + 0,0653 SB + 0,0686 SP	
19	Suha krma Dry forage	pOS = 16,49 + 0,9042 PL <sub>24</sub> + 0,0492 SB + 0,0387 SP	Schöner in/and Pfeffer, 1985
20	Voluminozna krma Roughages	ME = 0,98 + 0,1049 PL <sub>24</sub> + 0,0088 SB + 0,0268 SM + 0,0038 BNI	
21		NEL = – 0,64 + 0,07 PL <sub>24</sub> + 0,007 SB + 0,012 SM + 0,004 BNI	Steingass, 1983 (nav. po / cit. after Menke in / and Steingass, 1987)
22	/	ME = 3,16 + 0,0695 PL <sub>24</sub> + 0,00073 PL <sub>24</sub> ×PL <sub>24</sub> + 0,00732 SB + 0,02052 SM	

Okrajšave so razložene v preglednici 1 / Abbreviations are defined in Table 1

Vsebnost hranilnih snovi je podana v g kg<sup>-1</sup> SS, vsebnost ME in NEL v MJ kg<sup>-1</sup> SS, količina plina po 24 urah inkubacije (PL<sub>24</sub>) pa v ml/200 mg SS

Concentrations of nutrients are given in g kg<sup>-1</sup> DM, concentrations of ME and NEL in MJ kg<sup>-1</sup> DM and gas production at 24 h incubation time (PL<sub>24</sub>) in ml/200 mg DM



Grafikon 1. Povezava med *in vivo* ocenjeno vsebnostjo presnovljive energije (ME v MJ kg<sup>-1</sup> sušine) in vsebnostjo ME, ocenjeno na podlagi pregledničnih prebavljivosti (DLG, 1997;  $y = 1,043x - 0,72$ ;  $R^2 = 0,79$ ;  $\beta \cong 1$ ,  $\alpha \cong 0$ ;  $p > 0,10$ ) (A) ter vsebnostjo ME, ocenjeno na podlagi kemične sestave po enačbah 5, 6, 7, 8, 9 (GfE, 1998;  $y = 0,783x + 2,09$ ;  $R^2 = 0,79$ ;  $\beta \neq 1$ ,  $\alpha \neq 0$ ;  $p < 0,03$ ) (B).

Graph 1. Relation between *in vivo* estimated concentration of metabolizable protein (ME in MJ kg<sup>-1</sup> dry matter) and concentration of ME estimated on the basis of digestibilities from tables (DLG, 1997;  $y = 1.043x - 0.72$ ;  $R^2 = 0.79$ ;  $\beta \cong 1$ ,  $\alpha \cong 0$ ;  $p > 0.10$ ) (A) and concentration of ME estimated on the basis of chemical composition according to equations 5, 6, 7, 8, 9 (GfE, 1998;  $y = 0.783x + 2.09$ ;  $R^2 = 0.79$ ;  $\beta \neq 1$ ,  $\alpha \neq 0$ ;  $p < 0.03$ ) (B).

Ocenjevanje energijske vrednosti krme je na osnovi preglednic (DLG, 1997) prav tako nezanesljivo. V primerjavi z *in vivo* ocenjenimi vrednostmi smo vsebnost ME značilno podcenili za  $0,29 \pm 0,52$  MJ, NEL pa za  $0,21 \pm 0,37$  MJ kg<sup>-1</sup> sušine. Največje odstopanje pri enem od vzorcev je znašalo 1,32 MJ ME oziroma 0,93 MJ NEL, povprečno absolutno odstopanje pa 0,49 MJ ME oziroma 0,35 MJ NEL kg<sup>-1</sup> sušine (preglednica 4). Na grafikonu 1 A vidimo, da so podcenjeni predvsem vzorci, ki vsebujejo manj kot 9 MJ ME kg<sup>-1</sup> sušine in da je odstopanje pri posameznih vzorcih zelo veliko, saj se na primer pri vzorcih, ki vsebujejo 9,5 MJ ME ocena na podlagi preglednic lahko giblje od 8 do 10 MJ ME. Podobno je ugotovil tudi Grum (1976) pri ocenjevanju škrobne vrednosti, da so bili vzorci sena ocenjeni po Kellner Beckerjevih preglednicah v primerjavi z *in vivo* določenimi vrednostmi podcenjeni.

### Ocenjevanje na podlagi kemične sestave in enačb iz literature

Ocenjevanje energijske vrednosti krme z multiplimi regresijskimi enačbami na podlagi kemične sestave je nekoliko zanesljivejše od ocenjevanja na osnovi preglednic. Presnovljiva energija, ocenjena po uradnih nemških enačbah (en 7, en 8, en 9, en 10 in en 11; GfE, 1998), se v primerjavi z *in vivo* ocenjeno ME razlikuje za  $0,04 \pm 0,45$  MJ, vsebnost NEL pa za  $0,03 \pm 0,33$  MJ kg<sup>-1</sup> sušine. Največje odstopanje pri enem od vzorcev je bilo 1,12 MJ ME oziroma 0,80 MJ NEL, povprečno absolutno odstopanje pa je znašalo 0,36 MJ ME oziroma 0,26 MJ NEL kg<sup>-1</sup> sušine. Kljub temu da so v povprečju odstopanja majhna, jih ne smemo zanemarjati, saj ugotavljamo sistematično napako. Premica, ki prikazuje povezavo med *in vivo* in na podlagi

preglednic ocenjenimi vrednostmi, ima namreč naklon značilno manjši od 1, odsek na y osi pa značilno večji od 0 ( $p < 0,03$ ; grafikon 1B). S to metodo slabe vzorce precenimo, dobre pa podcenimo. Največje napake pri ocenjevanju posameznih vzorcev pa naredimo predvsem zaradi velikih naključnih odstopanj (velik  $s_0$ ). Pri vzorcih, ki so vsebovali približno 9 MJ ME (*in vivo*), se je tako ocena na podlagi kemične sestave in regresijskih enačb gibala od 8,7 do 10,3 MJ ME (grafikon 1B).

Preglednica 4. Povprečne vrednosti, razlike in značilnosti razlik med *in vivo* ocenjeno prebavljivostjo organske snovi, vsebnostjo ME in vsebnostjo NEL na eni strani ter na podlagi preglednic, enačb iz literature ali *in vitro* ocenjeno prebavljivostjo organske snovi, vsebnostjo ME in vsebnostjo NEL na drugi strani

Table 4. Average values, differences and significance of differences between *in vivo* estimated organic matter digestibility, concentration of ME and concentration of NEL on one hand and organic matter digestibility, concentration of ME and concentration of NEL as estimated on the basis of tables, equations from literature or *in vitro* on the other hand

Enačba Equation	Vir Source		$\bar{x}$ <i>in vivo</i>	$\bar{x}$ ocena $\bar{x}$ stimate	$\bar{p}$	$s_0$	Največje odstopanje Maximum deviation	PAO	Značilnost (p) Significance
Ocenjevanje na podlagi preglednic / Estimation on the basis of tables									
/	DLG, 1997	pOS	71,0	68,9	2,10	3,95	9,95	3,67	0,014
/		ME	9,81	9,52	0,29	0,52	1,32	0,49	0,010
/		NEL	5,83	5,63	0,21	0,37	0,93	0,35	0,010
Ocenjevanje na podlagi enačb iz literature / Estimation on the basis of equations from literature									
7, 8, 9, 10, 11	GfE, 1998	ME	9,81	9,77	0,04	0,45	-1,12	0,36	0,640
		NEL	5,83	5,80	0,03	0,33	-0,80	0,26	0,608
5	Menke in/and	ME	9,81	9,44	0,37	0,60	-1,56	0,64	0,005
6	Steingass, 1987	ME	9,81	9,91	0,10	0,50	-1,58	0,31	0,350
Ocenjevanje na podlagi količine plina ( <i>in vitro</i> ) / Estimation on the basis of gas production ( <i>in vitro</i> )									
12, 13, 14	GfE, 1998	ME	9,81	9,54	0,27	0,52	-1,30	0,46	0,014
		NEL	5,83	5,63	0,20	0,38	-0,93	0,34	0,012
15, 16, 17	Aiple in sod./et al., 1995	ME	9,81	9,96	-0,15	0,24	-0,58	0,23	0,004
		NEL	5,83	5,94	-0,10	0,17	-0,41	0,16	0,005
18, 19	Menke in/and Steingass, 1987	pOS	71,0	70,1	0,83	2,19	4,39	2,01	0,069
20		ME	9,81	9,69	0,12	0,26	0,56	0,24	0,033
		NEL	5,83	5,75	0,09	0,19	0,42	0,18	0,026
21	Schöner in/and Pfeffer, 1985	ME	9,81	9,80	0,01	0,27	0,50	0,22	0,830
		NEL	5,83	5,82	0,02	0,20	0,38	0,16	0,690
22	Steingass, 1983	ME	9,81	9,75	0,06	0,28	-0,52	0,23	0,307
		NEL	5,83	5,80	0,03	0,20	-0,38	0,17	0,425

$\bar{x}$  – povprečje / average

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

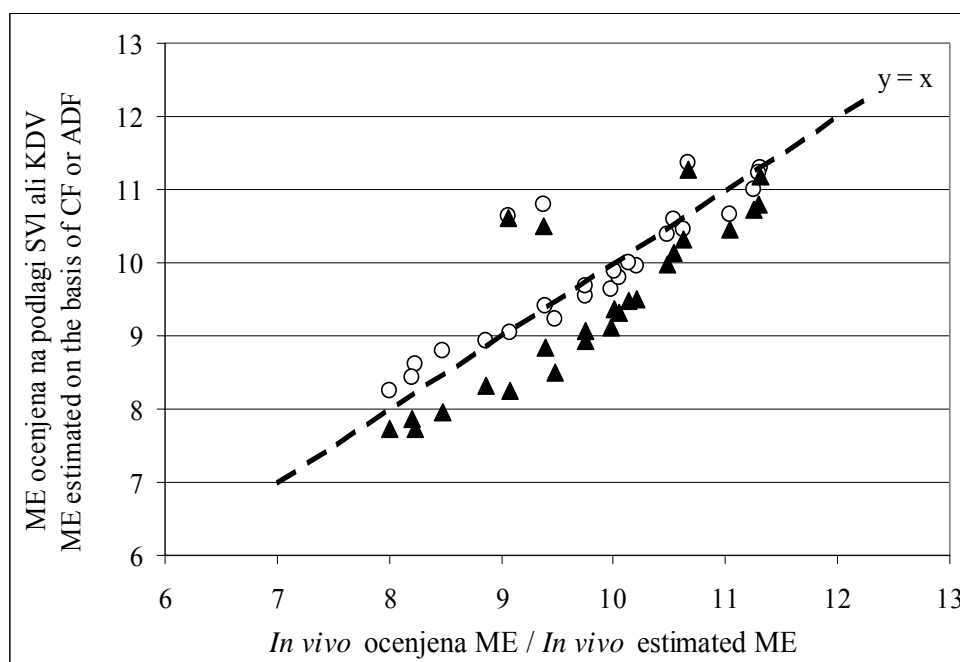
$d_i$  – razlika med *in vivo* ter ocenjeno koncentracijo ME, NEL ali pOS pri posameznem vzorcu  
difference between *in vivo* and estimated concentration of ME, NEL or pOS for individual sample

$s_0$  – standardni odklon razlik / standard deviation of difference

PAO – povprečno absolutno odstopanje *in vivo* ocenjenih vrednosti ME (v MJ kg<sup>-1</sup> sušine), NEL (v MJ kg<sup>-1</sup> sušine) in pOS (v %) od vrednosti, ocenjenih na podlagi preglednic, enačb iz literature ali *in vitro*  
average absolute deviation of *in vivo* estimated concentrations of ME (in MJ kg<sup>-1</sup> dry matter), NEL (in MJ kg<sup>-1</sup> dry matter) and pOS (in %) from values estimated on the basis of tables, equations from literature or *in vitro*;  $PAO = \sum |d_i| / n$ .



Pri vzorcih krme iz našega poskusa prihaja do večjih napak predvsem pri ocenjevanju na podlagi surove vlaknine (grafikon 2). Pri ocenjevanju iz surove vlaknine in enačbe 5 smo vsebnost presnovljive energije značilno podcenili za  $0,37 \pm 0,60 \text{ MJ kg}^{-1}$  sušine, pri ocenjevanju na podlagi v kislem detergentu netopnih vlaken in enačbe 6 istih avtorjev (Menke in Steingass, 1987) pa smo vsebnost ME ocenili precej bolj točno, saj je bila razlika le  $0,10 \pm 0,50 \text{ MJ ME kg}^{-1}$  sušine. Večja napaka pri ocenjevanju na podlagi surove vlaknine je verjetno posledica dejstva, da hranilna vrednost krme ne zavisi samo od vsebnosti vlaknine, temveč tudi od njenih lastnosti. V preskusu, iz katerega izhaja večina vzorcev, ki jih obravnavamo v tem prispevku, se je izkazalo, da vsebuje naša krma pri dani fazi fenološkega razvoja za približno  $100 \text{ g kg}^{-1}$  več vlaknine, kot bi pričakovali glede na podatke v DLG preglednicah (Verbič in sod., 1999). Že Grum (1976) poroča o tem, da se kemična sestava sena v Sloveniji pogosto razlikuje od sestave, ki jo za seno pri danih razvojnih fazah navajajo tuje preglednice, predvsem ugotavlja višji odstotek surove vlaknine hkrati z relativno visokim odstotkom surovih beljakovin. O razmeroma veliki vsebnosti vlaknine pri dani fazi fenološkega razvoja poročajo tudi drugi naši avtorji (Lavrenčič in Orešnik, 1999; Čop, 2000). Kljub veliki vsebnosti surove vlaknine je hranilna vrednost krme očitno razmeroma dobra oziroma boljša, kot bi pričakovali glede na podatke iz literature (grafikon 2).



Grafikon 2. Povezava med *in vivo* ocenjeno vsebnostjo presnovljive energije (ME v  $\text{MJ kg}^{-1}$  SS) in vsebnostjo ME, ocenjeno na podlagi surove vlaknine po enačbi 5 (▲) ali na podlagi v kislem detergentu netopnih vlaken po enačbi 6 (○).

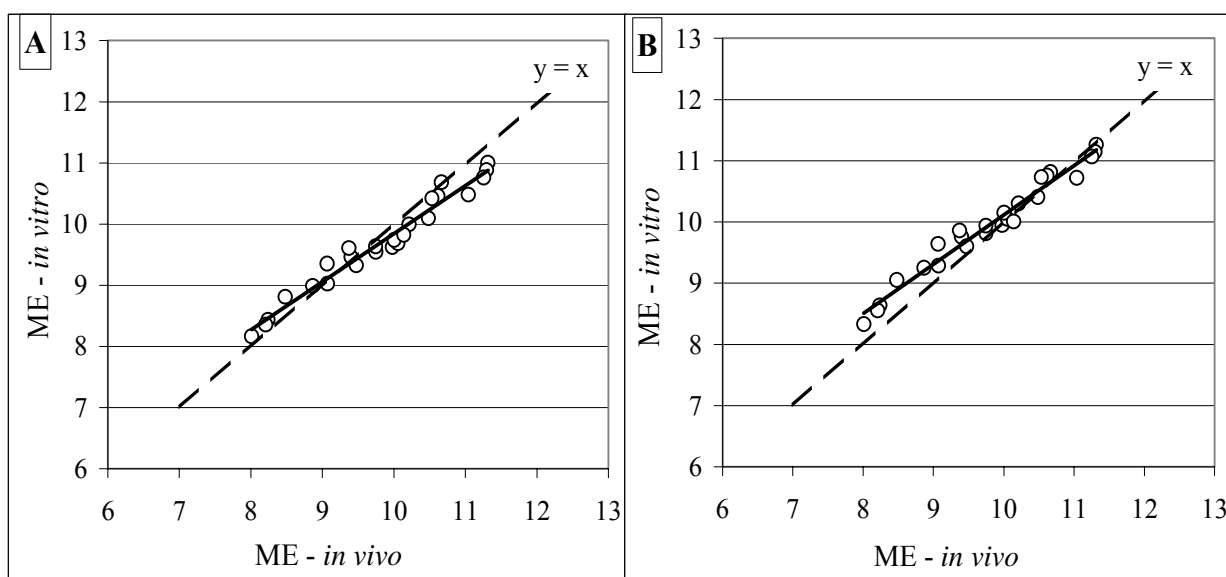
Graph 2. Relation between *in vivo* estimated concentration of metabolizable energy (ME in  $\text{MJ kg}^{-1}$  DM) and concentration of ME estimated on the basis of crude fibre using equation 5 (▲) or on the basis of acid detergent fibre using equation 6 (○).

### Ocenjevanje na podlagi hohenheimskega plinskega preskusa (*in vitro*)

V primerjavi z oceno na podlagi DLG preglednic lahko z *in vitro* metodo prebavljivost organske snovi ocenimo precej bolj zanesljivo. Na podlagi kemične sestave, količine plina in regresijskih enačb po Menkeju in Steingassu (1987) ocenjena prebavljivost je v razmeroma tesni povezavi z *in vivo* določeno prebavljivostjo ( $R^2 = 0,94$ ). Ocenjene vrednosti se razlikujejo

povprečno za  $0,83 \pm 2,19\%$ , največje odstopanje pri enem od vzorcev znaša 4,4%, povprečno absolutno odstopanje pa 2,01%.

S hohenheimskim plinskim preskusom oziroma z *in vitro* ocenjevanjem lahko torej bistveno izboljšamo točnost ocenjevanja energijske vrednosti krme. Pri preverjanju uporabnosti enačb iz literature (preglednica 4; enačbe od 12 do 22) za *in vitro* ocenjevanje vsebnosti presnovljive energije in neto energije za laktacijo smo ugotovili sledeče. Največje napake pri ocenjevanju presnovljive energije lahko napravimo pri uporabi uradnih nemških enačb (GfE, 1998), s katerimi smo vsebnost presnovljive energije podcenili za  $0,27 \pm 0,52$  MJ, vsebnost neto energije za laktacijo pa za  $0,20 \pm 0,38$  MJ kg<sup>-1</sup> sušine. Največje odstopanje pri enem od vzorcev je znašalo 1,30 MJ ME oziroma 0,93 MJ NEL. Pri podrobnejši analizi omenjenih enačb (enačbe 12, 13, 14) smo ugotovili, da je prvi vzrok za odstopanje ta, da je v teh enačbah večina neodvisnih spremenljivk v kvadratni obliki, v enačbe pa so vključeni tudi produkti med posameznimi neodvisnimi spremenljivkami. Take multiple regresijske enačbe so izredno prilagodljive in lahko natančno napovejo hranilno vrednost znotraj definirane skupine vzorcev. Pri ocenjevanju vzorcev zunaj definirane skupine pa so odstopanja lahko večja kot pri enostavnih regresijskih enačbah ali multiplih regresijskih enačbah z dvema do tremi neodvisnimi spremenljivkami. Kot primer navajamo enačbo 31 iz preglednice 5. Na osnovi kemične sestave smo lahko z uvedbo kvadratnih neodvisnih spremenljivk povečali determinacijski koeficient ( $R^2$ ) iz 0,87 na 0,97. Pri preverjanju enačbe 31 z nekaj vzorci, ki niso bili vključeni v izračun enačbe, pa smo ugotovili, da je bila točnost ocene pri vzorcih zunaj definirane skupine manjša, kot če smo uporabili enostavnejšo enačbo (en 30). Lahko sklepamo, da so za *in vitro* ocenjevanje energijske vrednosti krme, pridelane v naših rastnih razmerah, ki so drugačne od nemških, primernejše enostavnejše enačbe.



Grafikon 3. Povezava med *in vivo* in *in vitro* ocenjeno vsebnostjo presnovljive energije (ME v MJ kg<sup>-1</sup> sušine) po enačbi 20 (Menke in Steingass, 1987;  $y = 0,788x + 1,97$ ;  $R^2 = 0,96$ ;  $\beta \neq 1$ ,  $\alpha \neq 0$ ;  $p < 0,005$ ) (A) ter po enačbah 15, 16 in 17 (Aiple in sod., 1995;  $y = 0,807x + 2,05$ ;  $R^2 = 0,97$ ;  $\beta \neq 1$ ,  $\alpha \neq 0$ ;  $p < 0,001$ ) (B).

Graph 3. Relation between *in vivo* and *in vitro* estimated concentration of metabolizable energy (ME v MJ kg<sup>-1</sup> sušine) according to equation 20 (Menke and Steingass, 1987;  $y = 0.788x + 1.97$ ;  $R^2 = 0.96$ ;  $\beta \neq 1$ ,  $\alpha \neq 0$ ;  $p < 0.005$ ) (A) and according to equations 15, 16 and 17 (Aiple *et al.*, 1995;  $y = 0.807x + 2.05$ ;  $R^2 = 0.97$ ;  $\beta \neq 1$ ,  $\alpha \neq 0$ ;  $p < 0.001$ ) (B).

Pri preverjanju so se zelo dobro izkazale enačbe 15, 16 in 17 (Aiple in sod., 1995) in enačba 20 (Menke in Steingass, 1987). Značilno za te enačbe je, da so izračunane na osnovi razmeroma velikega števila vzorcev. *In vitro* ocenjena vsebnost energije po enačbah 15, 16, 17 je bila v primerjavi z *in vivo* vrednostjo precenjena za  $0,15 \pm 0,24$  MJ ME oziroma  $0,10 \pm 0,17$  MJ NEL  $\text{kg}^{-1}$  sušine. Nekoliko manjšo povprečno razliko ( $0,12$  MJ ME,  $0,09$  MJ NEL) in nekoliko večji standardni odklon razlik ( $\pm 0,26$  MJ ME,  $\pm 0,19$  MJ NEL) ugotavljamo pri enačbi 20. Na grafikonu 3 sta prikazani povezavi med *in vivo* ter *in vitro* ocenjeno vsebnostjo presnovljive energije. Vidimo lahko, da je enačba Menkeja in Steingassa (1987) primernejša za ocenjevanje nekoliko slabše krme, to je krme, ki vsebuje približno 8 do 9,5 MJ ME oziroma 4,5 do 5,5 MJ NEL v kg sušine. Enačbe Aipleja in sod. (1995) pa so primernejše za boljše vzorce krme z vsebnostjo od 9,5 do 11,5 MJ ME oziroma 5,5 do 7 MJ NEL v kg sušine. Za enačbi 21 (Schöner in Pfeffer, 1985) in 22 (Steingass, 1983; cit. Menke in Steingass, 1987) je značilna majhna povprečna razlika in večji standardni odklon razlik. Povprečno absolutno odstopanje je bilo pri vseh omenjenih enačbah precej podobno in se je gibalo pri oceni ME od 0,22 do 0,24 MJ in pri oceni NEL od 0,16 do 0,18 MJ  $\text{kg}^{-1}$  sušine. Pri vseh enačbah od 15 do 22 ugotavljamo sistematične napake, saj so nakloni premic med *in vitro* in *in vivo* ocenjenimi vrednostmi značilno različni od 1 ( $\beta \neq 1$ ;  $p < 0,01$ ), kar pomeni, da bi bilo potrebno za ocenjevanje naše krme enačbe nekoliko korigirati. Pri tem se seveda postavlja vprašanje števila in izbire vzorcev na katerih bi bilo potrebno z *in vivo* metodo določiti prebavljivosti in jih nato uporabiti kot osnovo za korekcijo. Vzorci, ki smo jih uporabili v tem preskusu, ne zajamejo celotnega razpona kakovosti slovenskih vzorcev, pa tudi premalo jih je, da bi lahko z njimi korigirali enačbe iz literature. Še naprej priporočamo uporabo izvirnih in preskušanih tujih enačb za *in vitro* ocenjevanje energijske vrednosti krme.

Pri izbiri ustrezne enačbe iz literature kaže poleg ostalih kriterijev upoštevati tudi število in spremenljivost vzorcev, na katerih je bila enačba izračunana. Glede števila in spremenljivosti vzorcev lahko na prvo mesto uvrstimo enačbo 20 (Menke in Steingass, 1987;  $n = 200$ ). Ta enačba je verjetno najprimernejša za ocenjevanje manj običajnih in nedefiniranih vzorcev voluminozne krme. Enačbe 15, 16 in 17 (Aiple in sod., 1995) pa so najverjetneje primernejše za definirane vzorce kakovostnih travnih silaž in sena.

### **Korigirane enačbe za napovedovanje prebavljivosti organske snovi ter vsebnosti presnovljive energije in neto energije za laktacijo**

V preglednici 5 navajamo regresijske enačbe, ki smo jih izračunali na podlagi 25 vzorcev krme z znano *in vivo* ocenjeno energijsko vrednostjo. Enačbe imajo omejeno uporabnost, saj so izračunane na relativno majhnem številu vzorcev, z njihovo pomočjo pa lahko kljub temu prikažemo nekatere zakonitosti. Napovedovanje prebavljivosti organske snovi na osnovi surovih beljakovin in surove vlaknine ( $R^2 = 0,85$ ) je manj točno kot na podlagi v kislem detergentu netopnih vlaken in lignina ( $R^2 = 0,96$ ). Podobno velja za napovedovanje vsebnosti presnovljive energije in neto energije za laktacijo. Pri enačbah za *in vitro* napovedovanje prebavljivosti organske snovi, vsebnosti presnovljive energije in vsebnosti neto energije za laktacijo ugotavljamo, da enostavna regresijska enačba na podlagi količine plina ni zanesljiva (en 35,  $R^2 = 0,50$ ). Pri napovedi presnovljive energije lahko z dodatno vključitvijo surovih maščob v multiplo regresijsko enačbo bistveno izboljšamo oceno (en 36,  $R^2 = 0,96$ ). Ta ugotovitev se ujema z ugotovitvami Menkeja in Steingassa (1987) in Aipleja in sod. (1995). Čeprav je količina surovih maščob v krmi s travinja relativno majhna in neposredno zelo malo prispeva k prebavljivosti oziroma energijski vrednosti krme, pa skupaj s količino plina bistveno prispeva k točnosti ocene. Pri napovedovanju na podlagi kemične sestave, to je brez podatkov o količini plina, pa surove maščobe ne vplivajo značilno na oceno vsebnosti energije oziroma prebavljivosti krme. Če v enačbe za napovedovanje vsebnosti presnovljive energije in neto energije za laktacijo poleg

podatkov o količini plina in vsebnosti surovih maščob vključimo še podatke o vsebnosti surovih beljakovin in surove vlaknine, lahko točnost ocene še nekoliko izboljšamo ( $R^2 = 0,98$ ).

Preglednica 5. Regresijske enačbe za napovedovanje prebavljivosti organske snovi (pOS), vsebnosti presnovljive energije (ME) in neto energije za laktacijo (NEL) v krmi s travinja (n=25)

Table 5. Regression equations for prediction of organic matter digestibility (pOS), concentration of metabolizable energy (ME) and net energy for lactation (NEL) in grassland forage (n=25)

Št. No.	Enačba / Equation	R <sup>2</sup>	SEE
Napovedovanje na podlagi kemične sestave / Prediction on the basis of chemical composition			
23	pOS = 156,3 – 0,1947 SB – 0,2099 SVI	0,85	2,86
24	pOS = 97,3 – 0,0440 KDV – 0,4142 KDL	0,96	1,54
25	ME = 13,71 – 0,0135 SVI	0,71	0,54
26	ME = 20,55 – 0,0228 SB – 0,0272 SVI	0,87	0,37
27	ME = 14,10 – 0,0133 KDV	0,76	0,50
28	ME = 14,50 – 0,0058 NDV – 0,0529 KDL	0,95	0,22
29	NEL = 8,64 – 0,0097 SVI	0,70	0,40
30	NEL = 13,76 – 0,0170 SB – 0,0199 SVI	0,87	0,26
31	NEL = 4,699 – 0,0088 SVI + 0,0442 SB – 0,00014 SB×SB + 0,0629 SM – 0,00127 SM×SM	0,97	0,14
32	NEL = 8,92 – 0,0096 KDV	0,75	0,37
33	NEL = 9,17 – 0,0040 NDV – 0,0394 KDL	0,96	0,16
Napovedovanje na podlagi kemične sestave in količine plina Prediction on the basis of chemical composition and gas production			
34	pOS = 29,87 + 1,036 PL <sub>24</sub> – 0,047 SVI + 0,160 SM	0,98	1,14
35	ME = 3,27 + 0,1361 PL <sub>24</sub>	0,50	0,71
36	ME = – 0,55 + 0,1738 PL <sub>24</sub> + 0,0675 SM	0,96	0,18
37	ME = 10,65 + 0,0914 PL <sub>24</sub> – 0,0139 SVI – 0,0130 SP	0,96	0,21
38	ME = 4,39 + 0,1409 PL <sub>24</sub> – 0,0062 SVI + 0,0424 SM – 0,0086 SP	0,98	0,15
39	NEL = 1,98 + 0,1011 PL <sub>24</sub> – 0,0047 SVI + 0,0274 SM – 0,0050 SP	0,98	0,11

SEE – standardna napaka ocene / standard error of estimate

R<sup>2</sup> – koeficient določitve / coefficient of determination

Ostale okrajšave so razložene v preglednicah 1 in 2 / Other abbreviations are defined in Tables 1 and 2

## SKLEPI

Pri ocenjevanju pOS, vsebnosti ME in NEL ob pomoči prebavljivostnih koeficientov iz preglednic lahko naredimo precejšnjo napako. Predvsem pri krmi z večjo vsebnostjo surove vlaknine so pOS in vsebnosti ME in NEL na podlagi DLG (1997) preglednic precej podcenjene. Ocene energijske vrednosti krme na podlagi kemične sestave in uradnih nemških enačb (GfE, 1998) v povprečju ne odstopajo od vrednosti, ocenjenih na osnovi *in vivo* prebavljivosti, pričakujemo pa lahko precejšno slučajno napako. Verjetno so enačbe, ki vključujejo vsebnost KDV, primernejše kot enačbe na podlagi vsebnosti SVI. S hohenheimskim plinskim preskusom in uporabo primerne regresijske enačbe iz literature bistveno izboljšamo točnost ocene. Kot najprimernejše so se izkazale enačbe Aipleja in sod. (1995) in enačba Menkeja in Steingassa (1987). Uradne nemške enačbe (GfE, 1998) za ocenjevanje vsebnosti energije v krmi s travinja na podlagi plina so se izkazale kot nezanesljive. V multiplih regresijskih enačbah za napovedovanje energijske vrednosti krme je poleg količine plina pomembna tudi vsebnost

surovih maščob, ker skupaj s plinom pojasni pretežen del variabilnosti. Krma, ki smo jo obravnavali v tem poskusu, je bila pridelana na kakovostnih travnikih. Pri ocenjevanju krme s slabših travnikov so napake verjetno še večje.

## SUMMARY

The aim of the work was to assess applicability of German regression equations (GfE, 1998), DLG tables (DLG, 1997) and Hohenheim gas test for estimation of energy value of grassland forage. Concentration of metabolizable energy (ME) and net energy for lactation (NEL) of 19 samples of green forage, 5 samples of grass silage and one sample of hay with known *in vivo* measured digestibility were estimated according to official German system (DLG, 1997) as described in equations en 1, en 2, en 3 and en 4. It was established that on the basis of tables (DLG, 1997) dOM was underestimated for  $2.1 \pm 3.95\%$ , concentration of ME for  $0.29 \pm 0.52$  MJ and concentration of NEL for  $0.21 \pm 0.37$  MJ kg<sup>-1</sup> dry matter (DM, Graph 1A, Table 4). Somewhat lower deviation from *in vivo* estimates were obtained in estimation of ME ( $0.04 \pm 0.45$  MJ kg<sup>-1</sup> DM) and NEL ( $0.03 \pm 0.33$  MJ kg<sup>-1</sup> DM) on the basis of chemical composition and official German regression equations (GfE, 1998, Graph 1B, Table 4). Estimated energy value of grassland forage did not differ on average from values, estimated on the basis of *in vivo* digestibilities, however, the importance of relatively high random error cannot be overlooked.

By the use of Hohenheim gas production test (*in vitro*) and adequate regression equations from literature (see Table 3), the accuracy of estimate was increased markedly. As relatively precise was found the equation by Menke and Steingass (1987), which in comparison to *in vivo* estimate underestimated the concentration of ME for  $0.12 \pm 0.26$  MJ and concentration of NEL for  $0.09 \pm 0.19$  MJ kg<sup>-1</sup> DM (Table 4, Graph 3A). Equations by Aiple *et al.* (1995) overestimated *in vivo* assessed concentration of ME for  $0.15 \pm 0.24$  MJ kg<sup>-1</sup> DM and concentration of NEL for  $0.10 \pm 0.17$  MJ kg<sup>-1</sup> DM (Table 4, Graph 3B).

Multiple regression equation, which was calculated on the basis of gas production and concentration of crude fat, explained the major part of variability in concentration of ME ( $R^2 = 0.96$ , Table 5). Similar results were obtained by inclusion of gas production, crude fibre and ash ( $R^2 = 0.96$ , Table 5) or acid detergent fibre and acid detergent lignin into multiple regression analysis ( $R^2 = 0.96$ , Table 5). Among regressions, which were based on the results of proximate analyses alone, the highest coefficient of determination was found in those which included crude protein and crude fibre as independent variables ( $R^2 = 0.87$ , Table 5).

## ZAHVALA

Delo sta financirala Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano ter Ministrstvo za znanost in tehnologijo Republike Slovenije. Prof. dr. Katarini Košmelj se zahvaljujemo za nasvet pri statistični analizi.

## VIRI

- Aiple, K.P./ Steingass, H./ Drochner, W. Schätzung des Energiegehaltes von Grünfuttermitteln mit Pepsin-Cellulase-methode und dem Hohenheimer Futterwerttest. Proc. Soc. Nutr. Physiol., 4(1995), 99.
- Aiple, K.P./ Steingass, H./ Menke, K.H. Suitability of a buffered faecal suspension as the inoculum in the Hohenheim gas test. 1. Modification of the method and its ability in the prediction of organic matter digestibility and metabolizable energy content of ruminant feeds compared with rumen fluids as inoculum. J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr. 67(1992), 57-66.
- 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.
- Čop, J. Osebni razgovor, 2000.

- DeBoever, J.L./ Cottyn, B.G./ Buysse, F.X./ Waimann, J.M./ Vanacker, J.M. The use of an enzymatic technique to predict digestibility, metabolizable and net energy of compound feedstuffs for ruminant. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 14(1986), 203-214.
- DLG. Futterwerttabellen für Wiederkäuer. Frankfurt, DLG Verlag, 1991, 112 s.
- DLG. Futterwerttabellen. Wiederkäuer. Frankfurt, DLG Verlag, 1997, 212 s.
- 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.
- GfE Mitteilungen des Ausschusses für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie. Zur Energiebewertung beim Wiederkäuer. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.*, 4(1995), 121-123.
- Goering, H.K./ Van Soest, P.J. Forage fiber analyses. Agricultural Research Service. Washington, United States Department of Agriculture. *Agric. Handb. No. 379* (1970), 20 s.
- Gruber, L./ Guggenberger, Th./ Schauer, A. Aspekte, Einflussfaktoren und Bestimmung der Grundfutterqualität. Bericht über die 23. Tierzuchttagung, Gumpenstein, 1996-06-4/5. BAL Gumpenstein, 1996, 71-105.
- Grum, F. Raziskovanje prebavljivosti in hranilne vrednosti sena. *Zb. Biotehniške fak., Univ. v Ljubljani, Kmetijstvo*, 27(1976), 181-205.
- Lavrenčič A./ Orešnik, A. Vsebnost in kakovost vlaknine v voluminozni krmi. V: Zbornik predavanj 8. posvetovanja o prehrani domačih živali "Zdravčevi-Erjavčevi dnevi" (ur.: Pen, A.), Radenci, 1999-11-28/29. Murska Sobota, Živinorejsko-veterinarski zavod za Pomurje, 1999, 32-42.
- Menke, K.H./ Steingass, H. Schätzung des energetischen Futterwerts aus der *in vitro* mit Pansensaft bestimmten Gasbildung und der chemischen analyse. *Übers. Tierernährg.*, 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 s.
- Orešnik, A. Ocenjevanje energijske vrednosti krme za krave molznice. V: Zbornik predavanj 7. posvetovanja o prehrani domačih živali "Zdravčevi-Erjavčevi dnevi" (ur.: Pen, A.), 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. Biotehniške fak., Univ. v Ljubljani. Kmetijstvo. Živinoreja*, 56(1990), 113-130.
- Rohr, K./ Fliegel, H./ Potthast, V. Überprüfung verschiedener Methoden zur Schätzung von Mischfuttermitteln für Wiederkäuer. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* 56(1986), 129-130.
- 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. Biotehniške fak., Univ. v Ljubljani. Kmetijstvo. Zootehnika, Supl.* 24(1996), 121-126.
- Stekar, J.M.A./ Zagožen, F./ Golob, A. Izračun energijske vrednosti sena z regresijsko enačbo. *Zb. Biotehniške fak., Univ. v Ljubljani. Kmetijstvo. Zootehnika*, 64(1994), 133-136.
- Stekar, J.M.A./ Zagožen, F./ Ovčar Sešelj, I./ Golob, A. Ocena neto energijske vrednosti mrve s koeficienti prebavljivosti in z regresijsko enačbo. *Zb. Biotehniške fak., Univ. v Ljubljani. Kmetijstvo. Zootehnika*, 62(1993), 287-296.
- Tilley, J.M.A./ Terry, R.A. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *J. Brit. Grassl. Soc.*, 18(1963), 104-111.
- Verbič, J. Razgradljivost in sinteza beljakovin v vampu pri različno konzervirani krmi s travinja. Doktorska disertacija, Domžale, Biotehniška fakulteta, 1996, 160 s.
- 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 s.
- 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, v tisku.
- Verbič, J./ Ørskov, E.R./ Žgajnar, J./ Chen, X.B./ Žnidaršič-Pongrac, V. The effect of method of forage preservation on the protein degradability and microbial protein synthesis in the rumen. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 82(1999), 195-212.
- Verbič, J./ Verbič, J./ Babnik, D./ Kmecl, V. Vpliv razvojne faze na kemično sestavo in prebavljivost sveže trave v vampu. V: Zbornik predavanj 8. posvetovanja o prehrani domačih živali "Zdravčevi-Erjavčevi dnevi" (ur.: Pen), Radenci, 1999-11-28/29. Murska Sobota, Živinorejsko-veterinarski zavod za Pomurje, 1999, 54-66.