

Nurmirehun sulavuuden arvioiminen raakakuitu- ja raakavalkuaispitoisuuden perusteella

J. KORVA¹ ja M. TUORI²

¹ Helsingin yliopisto, Kasvinviljelytieteen laitos,
00710 HELSINKI

² Helsingin yliopisto, Kotieläintieteen laitos
00710 HELSINKI

Prediction of the digestibility of silage and hay from the crude fibre and crude protein content

J. Korva¹ and M. Tuori²

¹ University of Helsinki, Department of Plant Husbandry,
00710 Helsinki

² University of Helsinki, Department of Animal Husbandry,
00710 Helsinki

Abstract. The crude fibre content (CF) is not a satisfactory basis for estimating feed digestibility. Therefore, more reliable methods have been developed. Still, the CF and also crude protein (CP) contents are commonly used as measures of forage quality. In the present investigation, models based on CF and CP were studied, the plant species being limited to timothy and meadow fescue from a restricted geographical area. The material consisted of 26 forages, hays or silages, analysed for CF and CP content, in vivo digestibility of organic matter (OMD) and crude protein (CPD). Nine of the forages were grown and analysed in 1980 in Viikki, Helsinki, the rest of the data being collected from studies published in Finland and Sweden.

The best model for estimating the digestibility of organic matter was:

$$\text{OMD} = 92.0 - 139.3/\text{CP} - 0.0126 * \text{CF}^2$$

(R² = 0.91, RSD = 2.2),

for the digestibility of crude protein:

$$\text{CPD} = 91.8 - 288.4/\text{CP}$$

(R² = 0.89, RSD = 2.9),

where CP and CF are expressed as percentages of the forage dry matter.

Johdanto

Nurmisadoista tehdään yleisesti raakakuitu- ja raakavalkuaimäärityksiä ilman selvää kuvaa siitä, miten luotettaviin rehuarvoarvioihin tulokset antaisivat mahdollisuuden. Vaikka tarkempia valkuaisen ja kuidun määritysmenetelmiä on kehitetty, käytetään mainittuja kohtuuhintaisia rutiinimenetelmiä edelleen niin ruokinta- ja nurmiviljelytutkimuksessa kuin viljelijöiden yksittäisten rehujen arvioinnissakin.

Rehuarvo

Erot rehujen maittavuudessa, muuntokelpoisuudessa, muuntumistappioissa sekä bruttoenergiapitoisuudessa jätetään tässä huomiotta ja keskitytään eroihin orgaanisen aineen ja raakavalkuaisen sulavuuksissa. Energia-arvon laskemista sulavuustietojen pohjalta käsitellään esim. rehutaulukoiden ohjeissa (SALO ym. 1982).

Rehun sulavan orgaanisen aineen määrä (DOM) kuvaa energia-arvoa tässä yhteydessä riittävällä tarkkuudella, mutta sulava raakavalkuainen (DCP) ei täysin riitä kuvaamaan rehuvalkuaisen arvoa. Se ilmaisee kyllä tyydyttävällä tarkkuudella maksimin, minkä proteiini määrän eläin voisi käyttää, mutta jättää huomiotta rehusta pötsissä ammoniakkinä imeytyvän ja edelleen virtsana poistuvan tyypin. Sitä voi olla runsaastikin, jos rehuvaliossa on paljon valkuaista, jonka pötsihajoavuus on korkea (OSBOURN 1980). Jos otetaan huomioon erot rehujen proteiinien pötsihajoavuudessa muulla tavalla, antanee sulava raakavalkuainen kuitenkin tyydyttävän pohjan tuotantovaikutusarviolle.

Virallinen rehuanalyysi

Weenden rehuanalyysissä erotetaan vesi, tuhka, raakavalkuainen (CP), raakarasva (EE), raakakuitu (CF) ja typettömät uuteaineet (NFE). Raakavalkuaisanalyysi on sama kuin kokonaistyyppimääritys. Valkuaispitoi-

suus lasketaan proteiinien keskimääräisen typipitoisuuden 16 % mukaan. Raakakuitu muodostaa yhdessä typettömien uuteaineiden kanssa raakahiilihydraattien ryhmän, johon kuuluu hiilihydraattien (sokerit, tärkkelys, hemiselluloosat ja selluloosa) lisäksi mm. ligniini. Alunperin oli tarkoitus, että CF edustaisi huonosti ja NFE hyvin sulavia aineksia. Koska sulamaton ja muidenkin aineosien sulavuutta alentava ligniini uuttuu suureksi osaksi lipeäkeitossa, ei tähän päästy (FONNESBECK 1976, SALO 1982).

Raakakuitu ja sulavuus

Raakakuitu ei ole niin huonosti sulavaa, että sen pitoisuuden perusteella voisi tehdä kovinkaan luotettavia päätelmiä rehun orgaanisen aineen tai raakavalkuaisen sulavuudesta (ODDY ym. 1983, FONNESBECK 1976). Silti samaan lajiin tai heimoon kuuluvien kasvien raakakuitupitoisuus saattaa korreloida orgaanisen aineen sulavuuden (OMD) kanssa kohdalaisen hyvin, varsinkin rajatulla ilmastollisella alueella. Puna-apilaan tämä pätee laajemmalti kuin esim. timoteihin, jonka raakakuitupitoisuus alkaa kukinnan aikoihin kääntyä laskuun, vaikka sulavuus edelleen heikkenee. Tällainen heinäkasvien ominaisuus on havaittavissa esim. KIVIMÄEN (1959, 1966) tutkimustuloksissa. Korjuusaiden vaihtelut Maaningalla 1977—1979 aiheuttivat heinän raakakuitupitoisuudessa ja *in vitro* -sulavuudessa samantapaisesti keskenään korreloivaa vaihtelua, kuin kasvukauden eteneminen aiheuttaa. Raakavalkuaispitoisuuden muutokset eivät olleet tässä mielessä johdonmukaisia (SALO & VIRTANEN 1983).

Raakakuitupitoisuus on huono raakavalkuaisen näennäisen sulavuuden (CPD) arviointiperuste ainakin timoteilla (KIVIMÄE 1959). Tämä johtunee osittain siitä, että kasvin typensaanti vaikuttaa paljon enemmän raakavalkuaisen pitoisuuteen ja sulavuuteen kuin raakakuitupitoisuuteen tai orgaanisen aineen sulavuuteen (POUTIAINEN & RINNE 1976, SALO ym. 1982). OMD:n arvioinnissa tämä

raakakuidun tunnettomuus typensaannin suhteen on vain eduksi.

Raakavalkuaispitoisuus ja sulavuus

Orgaanisen aineen sulavuuden arvioimisessa raakavalkuaispitoisuus on tarkkuudeltaan suunnilleen raakakuidun veroinen, esim. timoteiheinällä joskus jopa parempi, koska CP:n muutos jatkuu samansuuntaisena pidempään kuin CF:n (KIVIMÄE 1959). Sen luotettavuutta häiritsee se, että typpilannoitus lisää CP-pitoisuutta suuresti, mutta ei välttämättä sulavuutta lainkaan (POUTIAINEN & RINNE 1976, SALO ym. 1982). Typpiomavaraisen apilan sulavuusarvioissa ei liene tätä ongelmaa, mutta sen sijaan on ero ensimmäisen ja toisen sadon välillä (KIVIMÄE 1959).

Raakavalkuaispitoisuuden on havaittu olevan erittäin hyvä perusta arvioitaessa raakavalkuaisen näennäistä sulavuutta (CPD). Tämä on teoreettisestikin hyvin ymmärrettävissä, sillä CPD-arvoa alentaa eniten sonnan sisältämä metabolinen typpi, jonka määrä riippuu syödyn rehumassan määrästä. Raakavalkuaisen todellinen sulavuus on tavallisesti hyvin korkea (ERIKSSON 1973, OSBOURN 1980, FAICHNEY 1983). Jo 1950-luvulla esitettiin kaikille märehtijöiden rehuille käyräviivainen logaritminen riippuvuus raakavalkuaispitoisuuden ja CPD:n välillä (GLOVER ym. 1957). Myöhemmin nurmirehuilla ja rajatummilla alueilla tehdyt tutkimukset ovat tukeneet mallin pääperiaatetta, mutta johtaneet hieman toisenlaisiin kuvaajan muotoihin. Yleisesti on käytetty käänteismuunnosta lineaarisessa regressiossa, jolloin saadaan muotoa

$$CPD = a + b/CP$$

oleva yhtälö (KIVIMÄE 1959, ERIKSSON 1973).

KIVIMÄEN (1959) analysoimien pohjoisruotsalaisten heinien CPD-arvot muuttuivat raakavalkuaispitoisuuden muuttuessa samalla tavalla riippumatta apilapitoisuudesta. Hänen mukaansa Ultunassa 1947—1955 apilan raakavalkuaisen sulavuus oli toisessa niitossa joihtakin prosenttiyksikköjä heikompi kuin en-

simmäisessä vastaavalla raakavalkuaispitoisuudella. Hän esitti sen johtuvan eroista proteiinien sitoutumisesta ligniiniin. Tämä melko pieni ero ei välttämättä vaadi huomiota ainakaan seosnurmia tutkittaessa. Myöskään ERIKSSONIN (1973) heinäkasveja, sinimailasta ja puna-apilaa sisältävässä aineistossa heinien ja palkokasvien välillä ei ollut mainittavaa eroa.

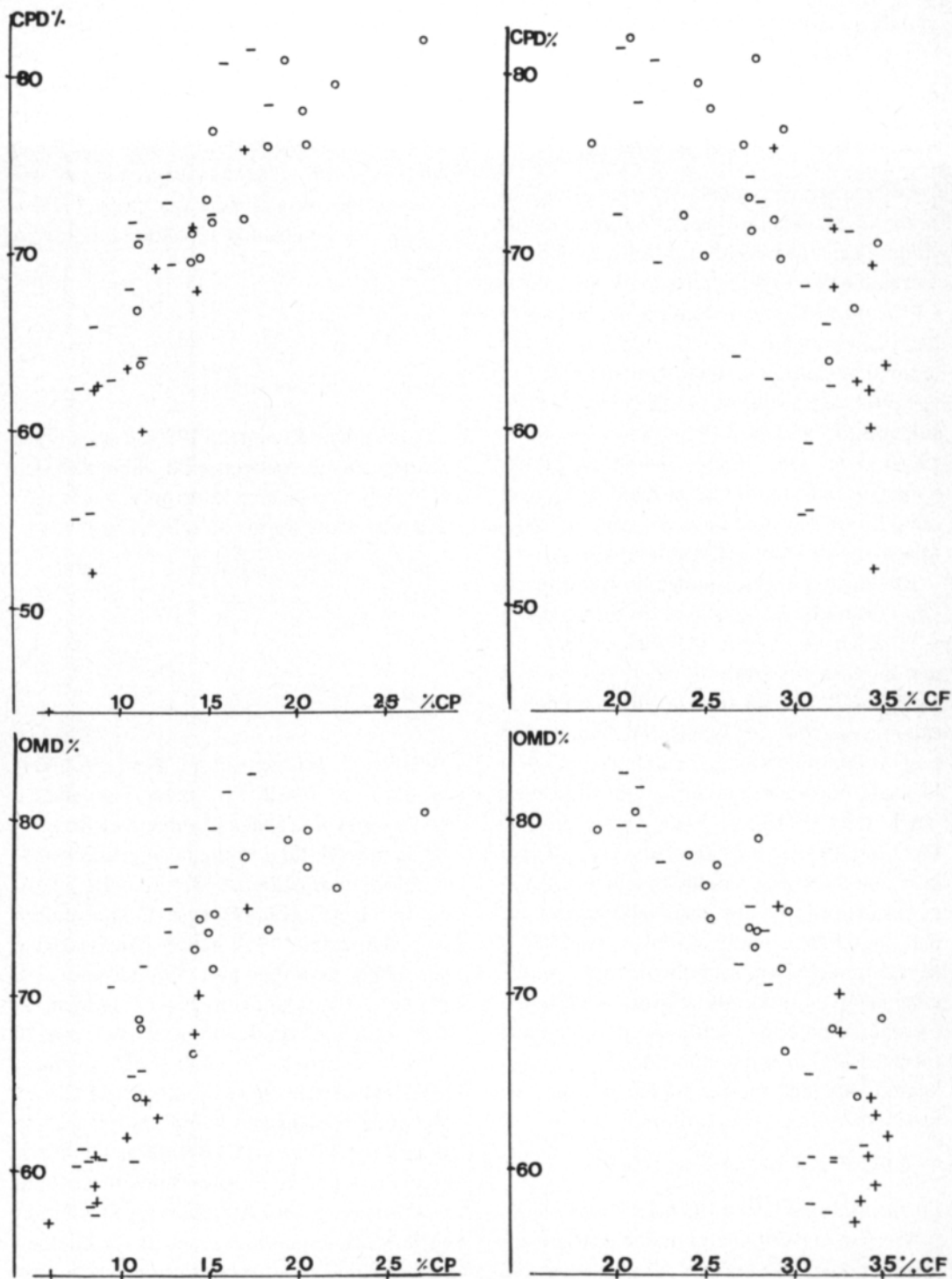
Aineisto ja menetelmät

Viikin aineisto vuodelta 1980 käsittää timoteinurmesta eri kasvuasteilla valmistettujen säilörehujen ja heinien koostumus- ja *in vivo* sulavuustiedot. Rehut oli tehty seuraavasti:

päivä	säilörehu	heinä
10. 6.	*	
17. 6.	*	*
24. 6.	*	*
1. 7.	*	*
8. 7.		*
15. 7.		*

Näiden lisäksi haettiin aikaisemmin tehtyjen tutkimusten tuloksia, joissa olisi kuvattu *in vivo* -sulavuuskokeita meikäläisissä ilmasto-oloissa timotei- tai nurminatavaltaisista heinätai säilörehusadoista. Löydettiin neljä julkaisua, jotka sisältävät yhteensä 35 analysoitua satoa. Ultunassa 1951—1955 viljellyt (KIVIMÄE 1959) keinokuivatut timoteisadot (18 kpl) poikkesivat uudempien koesarjojen sadoista vähäisen typpilannoituksen takia (n. 30 kg N/ha). Ero näkyy siinä, että vastaava OMD saavutettiin selvästi alemmalla CP-tasolla kuin runsaammin lannoitetuissa muissa koesarjoissa (Kuva 1). CF-OMD- ja CP-CPD-riippuvuudet olivat likimain samanlaisia kuin muissa koesarjoissa. Alhaisen typpilannoituksen ja kuumailmakuivauksen takia jätetään tämä osa aineistoa käyttämättä regressioanalyysissä.

Mallit muodostettiin oman aineiston lisäksi kolmen julkaisun pohjalta. Käytetty aineisto sisältää kuusi koesarjaa, yhteensä 26 analysoitua satoa, joista 16 säilörehusatoa ja 10 hei-



Kuva 1. Raakakuitu- ja raakavalkuaispitoisuuksia vastaavat orgaanisen aineen ja raakavalkuaisen sulavuudet. ○ = säilörehu, + = heinä, — = keinokuivattu timotei (KIVIMÄE 1959).

Fig. 1. The (CP, CPD), (CF, CPD), (CP, OMD) and (CF, OMD) coordinates of the material. ○ = silage, + = hay, — = artificially dried timothy of KIVIMÄE (1959) excluded in the regression analysis.

Taulukko 1. Eri kasvuasteilla korjattujen satojen raakavalkuais- ja raakakuitupitoisuudet sekä orgaanisen aineen ja raakavalkuaisen sulavuudet neljässä pohjoismaisessa nurmirehutuskimuksessa.

Table 1. Details of chemical composition and digestibility (%) of silages and hays made in different stages of growth. Data from four Nordic studies. Viikki 1980 = trials in Viikki with forages made of timothy.

CP	CF	OMD	CPD	CP	CF	OMD	CPD
heinät hays:				säilörehut silages:			
KIVIMÄE (1966)				POUTIAINEN & RINNE (1971)			
17.1	29.1	75	76	27.2	21.1	80.4	82.1
14.4	32.5	70	68	22.2	25.0	76.1	79.6
11.3	34.4	64	60	18.4	27.5	73.8	76.1
8.5	34.6	59	52	14.1	29.5	66.7	69.6
6.0	33.5	57	44	SYRJÄLÄ & OJALA (1978)			
Viikki 1980				20.6	18.9	79.4	76.2
14.2	32.5	67.8	71.4	17.1	24.1	77.9	72.0
12.1	34.6	63.0	69.3	14.2	27.9	72.7	71.2
10.4	35.3	61.9	63.6	11.2	32.2	68.0	63.8
8.6	34.2	60.7	62.4	20.5	25.7	77.3	78.1
8.7	33.8	58.1	62.6	15.0	27.9	73.6	73.1
				14.5	25.3	74.4	69.8
				15.3	29.3	71.5	71.8
				Viikki 1980			
				19.4	28.1	78.9	81.0
				15.3	29.7	74.7	77.0
				11.1	35.0	68.6	70.6
				11.0	33.6	64.1	66.8

näsatoa (Taul. 1). Näistä tehtiin yhdistäen regressioanalyseja, joissa CF- ja CP- pitoisuudet selittivät OMD- ja CPD-arvoja. Laskettiin riippuvuuksia parhaiten kuvaavien suorien ja pintojen yhtälöt sekä mallien selityksasteet. CP-riippuvuudet laskettiin myös käänteismuunnoksella ja CF-riippuvuudet myös neliömuunnoksella riippuvuuksien käyräviivaisuuksien takia.

Tulokset

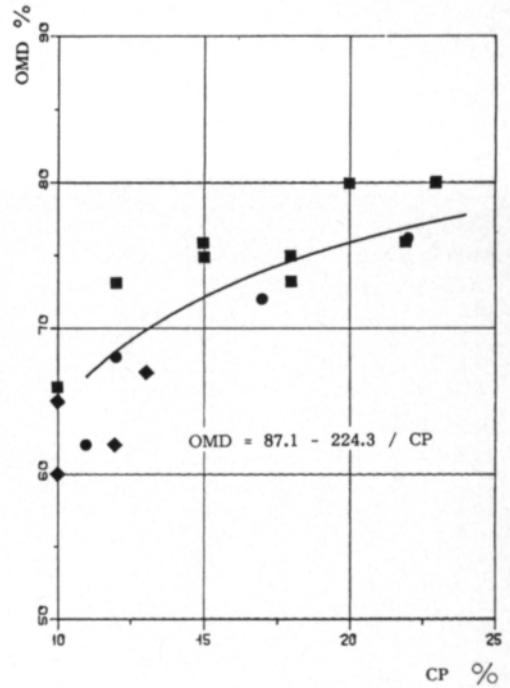
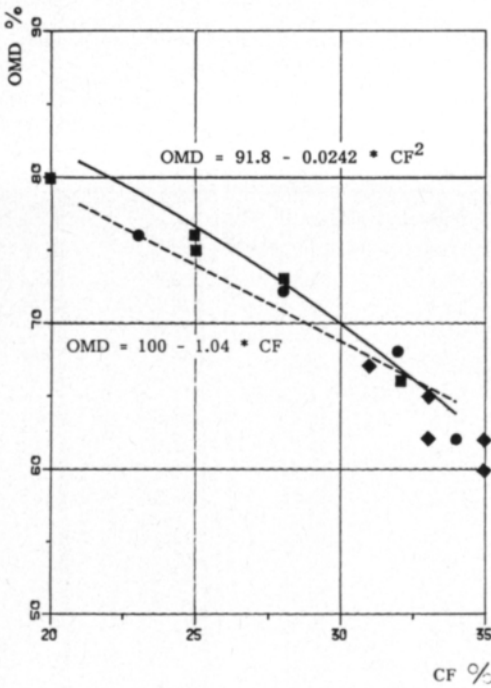
Pisteparvista kuvassa 1 havaitaan, etteivät säilörehut ja heinät poikkea esillä olevassa mielessä toisistaan. Muunnetuilla selittävien muuttujien arvoilla saadaan riippuvuuksien käyräviivaisuuksien takia useimmiten parempia arvioita kuin muuntamattomilla. Raakavalkuaispitoisuus selittää aineistossa orgaanisen aineksen sulavuutta yhtä hyvin kuin raakakuitu. Paras tarkkuus OMD:n arvioinnissa saadaan yhteisregressiopinnan yhtälöllä. CPD:n arvioinnissa raakavalkuaispitoisuuden avulla käänteismuunnoksella laskettu yhtälö

on niin hyvä, ettei raakakuidun mukaan ottaminen lisää tarkkuutta (Taul. 2).

Taulukko 2. Orgaanisen aineen ja raakavalkuaisen sulavuuksia raakakuitu- ja raakavalkuaispitoisuuksien funktioina. N = 26.

Table 2. Regression equations between the digestibility (%) of organic matter and crude protein and the percentage of crude fibre and crude protein in the forage dry matter. N = 26.

	R ²	RSD
(1) OMD = 50.6 + 1.32 * CP	0.82	3.1
(2) OMD = 87.1 - 224.3/CP	0.82	3.1
(3) OMD = 110.1 - 1.35 * CF	0.75	3.7
(4) OMD = 91.8 - 0.0242 * CF ²	0.77	3.5
(5) OMD = 71.8 + 0.91 * CP - 0.51 * CF	0.85	2.9
(6) OMD = 92.0 - 139.3/CP - 0.0126 * CF ²	0.91	2.2
(7) CPD = 46.8 + 1.57 * CP	0.76	4.4
(8) CPD = 91.8 - 288.4/CP	0.89	2.9
(9) CPD = 108.3 - 1.30 * CF	0.45	6.6
(10) CPD = 90.9 - 0.0234 * CF ²	0.48	6.5
(11) CPD = 24.6 + 1.99 * CP - 0.54 * CF	0.78	4.3
(12) CPD = 91.3 - 297/CP + 0.0012 * CF ²	0.89	2.9



Kuva 2. Orgaanisen aineen sulavuus raakakuidun ja raakavalkuaisen funktiona. Yksitt. pisteet rehutaulukoista (SALO ym. 1982): ● = säilörehu, ◆ = heinä, ■ = tuore ruoho. ----- = VALMARIN & VALMARIN (1975) suora.

Fig. 2. OMD as functions of CF and CP content in DM. Single points from the Finnish feed tables (SALO & al. 1982): ● = silage, ◆ = hay, ■ = fresh grasses. ----- = linear model by VALMARI & VALMARI (1975).

Tulosten tarkastelu ja soveltaminen

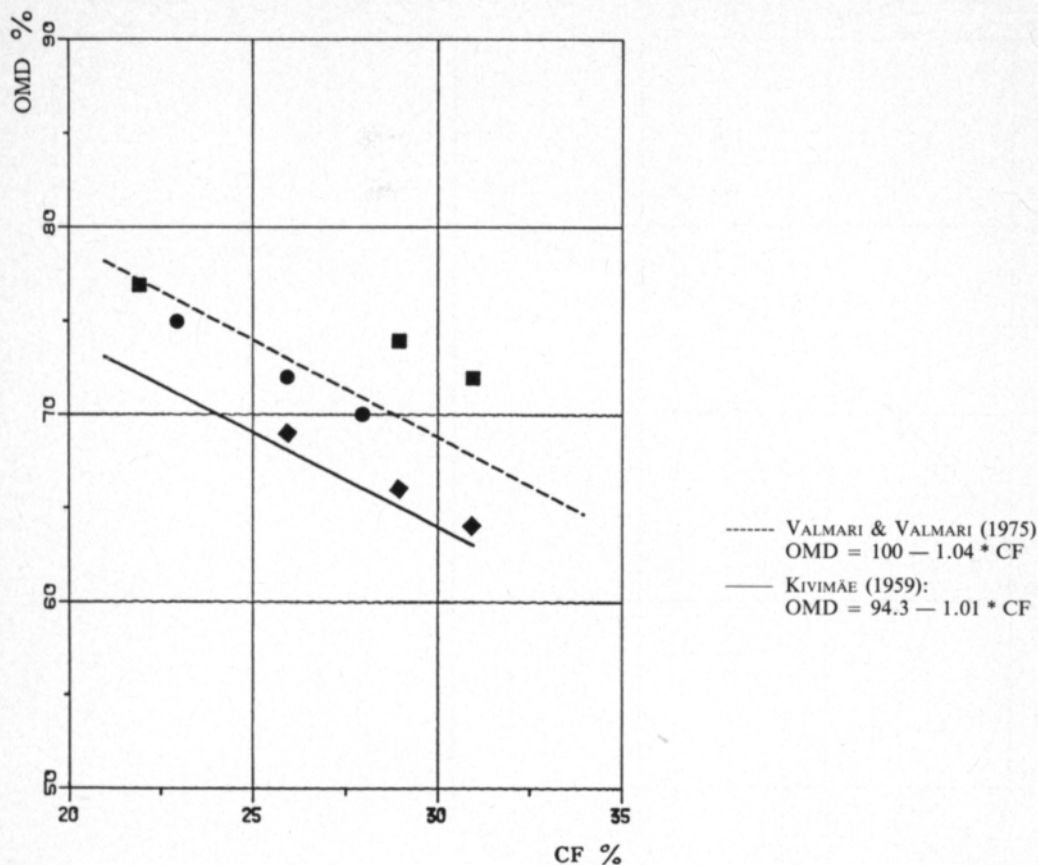
Edellä esitetty antaa esimerkinomaisen viitteen siitä, että tällaiset mallit voivat olla sopivasti rajattuina yllättävänkin tarkkoja. Puna-apilasta ei löydetty alueellisesti yhtä edustavaa aineistoa, mutta esim. KIVIMÄEN (1959) laajat tutkimukset oikeuttanevat mallien muodostamisen myös nurmipalkokasveille.

Orgaanisen aineen sulavuusarvio

Vaikka rehutaulukoita (SALO ym. 1982) laadittaessa on jouduttu sovittamaan yhteen useampia riippuvuuksia kuin tässä, ovat esitetyt mallit varsin lähellä taulukkoarvoja (Kuva 2). Timotei-nurminatasatojen OMD on tämän aineiston mukaan yleensä parasta arvioida sekä raakakuidun että -valkuaisen avulla,

esimerkiksi taulukossa 2 esitetyn pinnan yhtälön 6 avulla. Jos toinen lähtötiedoista puuttuu, voidaan käyttää toista yksin (esim. yhtälö 2 tai 4). VALMARIN & VALMARIN (1975) yhtälö (Kuva 2) sopii tämän aineiston mukaan OMD:n arviointiin hyvin säilörehuasteella mutta huonosti heinäasteella. Yhteisregressiopintakaan ei ole kovin luotettava kukinnan jälkeen, mutta todennäköisesti parempi kuin pelkkä CF-OMD-suora. Jos typpilannoitus vaihtelee paljon, ei säilörehuasteella kannata käyttää raakavalkuaispitoisuutta mallissa mukana.

Apilan OMD on perusteltua laskea pelkän raakakuidun avulla. Jos mallissa on mukana raakavalkuaispitoisuus, täytyy KIVIMÄEN (1959) mukaan laatia eri mallit ensimmäiselle ja toiselle niitolle. On vaikeampaa valita yhtälö apilalle kuin nurmiheinille, sillä esim. suomalaisissa rehutaulukoissa (SALO ym. 1982)



Kuva 3. Puna-apilan orgaanisen aineen sulavuus raakakuitupitoisuuden funktiona KIVIMÄEN (1959) mukaan sekä VALMARIN & VALMARIN (1975) suora. Yksittäiset pisteet SALON ym. (1982) rehutaulukoista: ● = säilörehu, ◆ = heinä, ■ = tuore ruoho.

Fig. 3. The OMD of red clover as a function of CF content in DM according to KIVIMÄE (1959), and the linear model for grasses by VALMARI and VALMARI (1975). Single points from the Finnish feed tables (SALO & al. 1982): ● = silage, ◆ = hay, ■ = fresh clover.

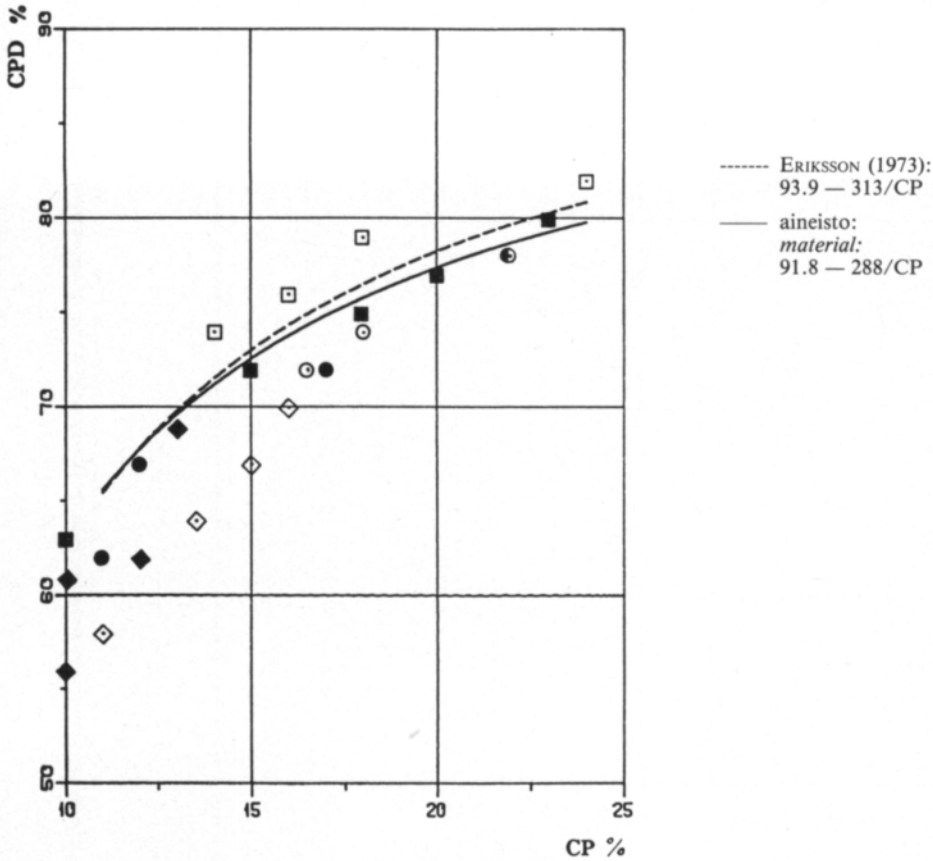
annetaan korkeampia apilan OMD-arvoja vastaavalla CF-pitoisuudella kuin KIVIMÄEN (1959) tutkimustuloksissa (Kuva 3). Valitaan pa arvion perustaksi mikä tahansa tietolähde, edellyttää näiden yhtälöiden käyttö erillistä analyysia apiloille ja heinille, mikä on esim. valmiista säilörehusta mahdotonta tehdä.

Apilapitoisen säilörehun OMD voidaan yksinkertaisesti ja useimpiin tarkoituksiin riittävän tarkasti arvioida käyttämällä koko rehulle VALMARIN & VALMARIN (1975) CF-OMD-suoraa (kuva 3). Tämä alunperin heinäkasveille suunniteltu suora on lähes yhtenevä apila-säilörehun taulukkoarvojen (SALO ym. 1982)

kanssa ja lisäksi lähes yhdensuuntainen KIVIMÄEN (1959) esittämän suoran kanssa (Kuva 3). Näin menetellen ei apilapitoisuutta tarvitse tuntea. Myös tuoreen apilan arvioinnissa suora edustanee saatavissa olevien tietolähteiden keskitietä.

Raakavalkuaisen näennäisen sulavuuden arvio

Yhtälön 8 (Taul. 2) kuvaaja on lähes yhtenevä ERIKSSONIN (1973) esittämän yhtälön kuvaajan kanssa ja sopii hyvin yhteen taulukkoarvojen (SALO ym. 1982) kanssa (Kuva 4). Myös aineiston keskihajonta regressiokäyrästä



Kuva 4. Raakavalkuaisen sulavuus raakavalkuaispitoisuuden funktiona. Yksittäiset pisteet SALON ym. (1982) rehutaulukosta: ● = säilörehu, ○ = säilörehu apilasta, ◆ = heinä, ◇ = apilaheinä, ■ = tuore timotei, □ = tuore apila.

Fig. 4. CPD as a function of CP content. Single points from the Finnish feed tables (SALO & al. 1982): ● = grass silage, ○ = clover silage, ◆ = hay, ◇ = clover hay, ■ = fresh grasses, □ = fresh clover.

on suunnilleen sama kuin ERIKSSONIN aineistossa (3,0 ja 3,9 %-yks.). Kuten edellä on esitetty, voi samaa yhtälöä käyttää kaikille kotimaisille nurmikasveille. Raakakuitupitoisuutta ei ole syytä käyttää ainakaan nurmiheinien CPD:n arviointiin.

Yhteenveto

Tutkimuksessa laskettiin nurmirehujen orgaanisen aineen ja raakavalkuaisen sulavuuden riippuvuuksia raakavalkuais- ja raakakuitupitoisuuksista regressioanalyysin avulla. Aineisto käsitti 26 osin julkaisuista kerättyä säilörehujen ja heinien *in vivo* -sulavuuskoetta, jotka on tehty Viikissä (Helsingin yliopisto),

Tikkurilassa (Maatalouden tutkimuskeskus) ja Ultunassa (ruotsalaisen KIVIMÄEN aineisto).

Aineiston perusteella timotei-nurminatavallaisen nurmen säilörehu- ja heinäsatujen orgaanisen aineen sulavuutta voidaan arvioida yhtälöllä

$$\text{OMD} = 92.0 - 139.3/\text{CP} - 0.0126 * \text{CF}^2$$

$$(\text{R}^2 = 0.91, \text{RSD} = 2.2)$$

ja raakavalkuaisen näennäistä sulavuutta yhtälöllä

$$\text{CPD} = 91.8 - 288.4/\text{CP}$$

$$(\text{R}^2 = 0.89, \text{RSD} = 2.9),$$

missä CP = raakavalkuaispitoisuus ja CF = raakakuitupitoisuus (% kuiva-aineesta).

Viitteet

- ERIKSSON, S. 1973. Fodrets smältbarhet och energivärde. Lantb.högsk. konsulentavd. kompendier 1973, 1: 1—117.
- FAICHNEY, G.J. 1983. Assessment of the protein value of ruminant feeds. In: Feed Information and Animal Production (ed. Robards, G.E. & Packham, R.G.) Rydalmere.
- FONNESBECK, P.V. 1976. Estimating nutritive values from chemical analyses. In: First Intern. Symposium: Feed Composition, Animal nutrient requirements and Computerization of Diets, p. 219—227. Utah State University, Logan.
- GLOVER, J., DUTHIE, D.W. & FRENCH, M.H. 1957. The apparent digestibility of crude protein by ruminants, 1. A synthesis of the results of digestibility trials with herbage and mixed feeds. J. Agric. Sci. 48: 373—378.
- KIVIMÄE, A. 1959. Chemical composition and digestibility of some grassland crops with particular reference to changes caused by growth, season and diurnal variation. Acta Agric. Scand. Suppl. 5: 1—142.
- 1965. Timotejhöets sammansättning och smältbarhet vid framskridande skördestadier. Lantbr.högsk. Serie A. Medd. 37: 1—27.
- ODDY, V.H. ROBARDS, G.E. & LOW, S.G. 1983. Prediction of *in vivo* dry matter digestibility from the fibre and nitrogen content of a feed. In: Feed Information and Animal Production (ed. Robards, G.E. & Packham, R.G.), p. 395—398.
- OSBOURN, D.F. 1980. The feeding value of grass and grass products. In: Grass. Its production and utilization (ed. W. Holmes), p. 70—124.
- POUTIAINEN, E. & RINNE, K. 1971. Korjuuasteen vaikutus säilörehun ravintoarvoon. Kehitt. Maatal. 3: 15—28.
- & RINNE, K. 1976. Typpilannoituksen vaikutus säilörehun ravintoarvoon. Kehitt. Maatal. 29: 14—21.
- SALO, M-L. 1982. Kuitumäärityksen merkitys kotieläinten ruokinnassa. J. Scient. Agric. Soc. Finl. 54: 321—329.
- , TUORI, M. & KIISKINEN, T. 1982. Rehutaulukot ja ruokintanormit. Helsinki.
- & VIRTANEN, E. 1983. Influence of weather conditions during swath drying on the nutritive value of hay. J. Scient. Agric. Soc. Finl. 55: 133—141.
- SYRJÄLÄ, L. & OJALA, R. 1978. Timoteinurmen sato, koostumus ja sulavuus kasvukauden eri aikoina. Kehitt. Maatal. 39: 27—34.
- VALMARI, A. & VALMARI, I. 1975. Rehuarvon määrittäminen Lapin koeasemalla. Maatal. tutk.kesk. Lapin koeaseman tied. 2. Rovaniemi.
- _____ Käsikirjoitus saapunut 14. 11. 1986