

ÚSTAV ZEMĚDĚLSKÝCH A POTRAVINÁŘSKÝCH INFORMACÍ

# ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA

## Agricultural Engineering

ČESKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÝCH VĚD

**4**

VOLUME 45  
PRAHA 1999  
ISSN 0044-3883

Mezinárodní vědecký časopis vydávaný z pověření Ministerstva zemědělství České republiky a pod gescí České akademie zemědělských věd

An international journal published under the authorization by the Ministry of Agriculture and under the direction of the Czech Academy of Agricultural Sciences

## Redakční rada – Editorial Board

### Předseda – Chairman

Ing. Jiří Fiala, DrSc. (Praha, ČR)

### Členové – Members

Prof. RNDr. Ing. Jiří Blahovec, DrSc. (Česká zemědělská univerzita, Praha, ČR)

Ing. Václav Blažek (Zemědělská fakulta Jihočeské univerzity, České Budějovice, ČR)

Doc. Ing. Karel Brzkovský, CSc. (České vysoké učení technické, Praha, ČR)

Univ.-Prof. Dr. habil. Manfred Estler (Technische Universität München, Institut für Landtechnik, Freising, BRD)

Prof. Ing. Ján Jech, CSc. (Slovenská poľnohospodárska univerzita, Nitra, SR)

Ing. Petr Jevič, CSc. (Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha, ČR)

Doc. Ing. Jan Mareček, CSc. (Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, ČR)

Ing. Richard Markovič, CSc. (Technický a skúšobný ústav pôdohospodársky, Rovinka, SR)

Ing. Zdeněk Pastorek, CSc. (Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha, ČR)

Doc. Ing. František Ptáček, CSc. (AGROTEC, Hustopeče u Brna, ČR)

Prof. M. N. Rifai, Ph.D. (Nova Scotia Agricultural College, Truro, Nova Scotia, Canada)

Ing. Jan Šabatka, CSc. (Zemědělská fakulta Jihočeské univerzity, České Budějovice, ČR)

### Vedoucí redaktorka – Editor-in-Chief

Ing. Jovanka Václavíčková

**Cíl a odborná náplň:** Časopis publikuje původní vědecké práce a studie typu review z oboru zemědělská technika, zemědělské technologie a zpracování zemědělských produktů. Abstrakty z časopisu jsou zahrnuty v těchto databázích: Agris, CAB Abstracts, Czech Agricultural Bibliography, WLAS.

**Periodicita:** Časopis vychází čtvrtletně (4x ročně), ročník 45 vychází v roce 1999.

**Přijímání rukopisů:** Rukopisy ve dvou vyhotoveních je třeba zaslat na adresu redakce: Ing. Jovanka Václavíčková, vedoucí redaktorka, Ústav zemědělských a potravinářských informací, Slezská 7, 120 56 Praha 2, tel.: +420 2 24 25 79 39, fax: +420 2 24 25 39 38, e-mail: editor@login.cz. Den doručení rukopisu do redakce je publikován jako datum přijetí k publikaci.

**Informace o předplatném:** Objednávky na předplatné jsou přijímány pouze na celý rok (leden–prosinec) a měly by být zaslány na adresu: Ústav zemědělských a potravinářských informací, vydavatelské oddělení, Slezská 7, 120 56 Praha 2. Cena předplatného pro rok 1999 je 248 Kč.

**Aims and scope:** The journal publishes scientific papers and reviews dealing with the study agricultural engineering, agricultural technologies and processing the agricultural products. Abstracts from the journal are comprised in the databases: Agris, CAB Abstracts, Czech Agricultural Bibliography, WLAS.

**Periodicity:** The journal is published quarterly (4 issues per year). Volume 45 appearing in 1999.

**Acceptance of manuscripts:** Two copies of manuscript should be addressed to: Ing. Jovanka Václavíčková, editor-in-chief, Institute of Agricultural and Food Information, Slezská 7, 120 56 Praha 2, Tel.: +420 2 24 25 79 39, Fax: +420 2 24 25 39 38, e-mail: editor@login.cz. The day the manuscript reaches the editor for the first time is given upon publication as the date of reception.

**Subscription information:** Subscription orders can be entered only by calendar year (January–December) and should be sent to: Institute of Agricultural and Food Information, Slezská 7, 120 56 Praha 2. Subscription price for 1999 is 62 USD (Europe), 64 USD (overseas).

## TECHNIKA PRO KONKURENCESCHOPNÉ ZEMĚDĚLSTVÍ A POTRAVINÁŘSTVÍ

jako součást oslav

### 80. výročí založení Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně

Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně je nejstarším vysokým a lesnickým učeniím v českých zemích. Byla zřízena v roce 1919 jako Vysoká škola zemědělská a pod tímto názvem existovala až do roku 1994. Jejím vznikem bylo dovršeno dlouhodobé úsilí o zřízení vysokého zemědělského učení na Moravě, která patří odedávna k zemím s nejvyspělejším zemědělstvím ve střední Evropě. Za dobu svého trvání prošla řadou organizačních i obsahových změn a připravila pro uplatnění v různých sférách národního hospodářství a oblastech hospodářské praxe téměř dva set tisíce zemědělských inženýrů, více než šest a půl tisíce lesnických inženýrů a téměř pět a půl tisíce inženýrů ekonomů.

Mendelovu zemědělskou a lesnickou univerzitu v Brně (ve zkratce MZLU v Brně) tvoří čtyři fakulty. Agromotická fakulta, Lesnická a dřevařská fakulta a Provozně ekonomická fakulta sídlí v Brně, Zahradnická fakulta je umístěna v Lednici. Počet zaměstnanců univerzity, která má přes pět tisíc studujících, se pohybuje kolem 840, z toho je 360 učitelů.

Při vzniku této vysoké školy vycházel její vzdělávací program z jejich původních dvou oborů, tj. hospodářského a lesnického, a v jisté časové posloupnosti doznal výrazného rozšíření. Postupně byl doplňován o další studijní programy a jejich obměny tak, aby byly vhodněji naplňovány potřeby získávání vysokoškolské kvalifikace příslušného odborného zaměření. V současné době nabízí univerzita 55 studijních programů, z toho 13 pro tříleté bakalářské studium, 18 pro pětileté magisterské (inženýrské) studium, 24 pro tříleté doktorské studium a umožňuje absolvovat kurzy celoživotního vzdělávání. V rámci studijních programů se mohou studenti individuálně odborně profilovat, a to prostřednictvím studijního oboru Evropská studia v podnikání a ekonomice, zabývajícího se komerční, politickou a společenskou tematikou Evropské unie a vztahu Evropy a České republiky. Studium se uskutečňuje prezenční nebo distanční formou výuky.

Řešení vědeckovýzkumných úkolů vychází z dlouhodobé prognózy a vědecké orientace univerzity a fakult a zahrnuje oblast zemědělských, lesnických, biologických, ekonomických a technických věd. Jedná se o otevřený okruh výzkumných aktivit, uplatňovaný v institucionálním výzkumu, ve výběrových řízeních grantových agentur a mezinárodních vědeckovýzkumných programech. V oblasti zahraničních styků realizují za-

městnanci i posluchači studijní pobyty, stáže a konzultace na vysokých školách ve Francii, Polsku, Rakousku, Německu, USA a Velké Británii a v dalších zemích. Širší možnosti studentské zahraniční spolupráce nabízí zapojení studentů MZLU v Brně zejména do programu TEMPUS a do dalších mezinárodních projektů.

Potřebám praktické výuky studentů, k řešení výzkumných úkolů a ověřování vědeckých poznatků v praxi slouží dva zemědělské školní podniky a jeden lesní školní podnik. Pro výukové účely je také využívána Botanická zahrada a arboretum. K dispozici je rozsáhlá knihovna, čítárna časopisů a moderní informační a počítačové centrum jako součásti Ústavu vědecko-pedagogických informací a služeb. Ústav výpočetní techniky zajišťuje provozování automatizovaných systémů řízení a oddělení automatizace informační soustavy zpracovává informační agendu, čímž přispívají k plnění programů elektronizace a komputizace výuky, vědeckovýzkumné práce a slouží provozním účelům univerzity. Audiovizuální centrum zhotovuje videozáznamy pro potřebu výuky a výzkumu a spravuje celouniverzitní filmotéku. K zachování a zpřístupnění archivního bohatství univerzity dalším generacím je zaměřena činnost Univerzitního archivu.

Pro MZLU v Brně je také významné 35. výročí zřízení oboru mechanizace zemědělství. S touto událostí je spojeno založení tří kateder, a to katedry mechanizace rostlinné výroby, katedry základů mechanizace a katedry vnitropodnikové mechanizace a elektrizace. Základem těchto kateder byla dřívější jediná katedra mechanizace a elektrifikace zemědělství na Provozně ekonomické fakultě Vysoké školy zemědělské v Brně. Vyrůstající význam oboru vyvolal procesy mechanizace a automatizace zemědělské výroby a strukturou řízení tehdejších zemědělských podniků i potřeba vyššího počtu jeho absolventů byly podnětem k následnému zřízení dalších kateder. V roce 1976 to byla katedra opravárenství a zemědělských staveb. Později byla z katedry fyziky rozšířením o další technické vědní disciplíny zřízena a do organizační struktury mechanizačního oboru začleněna katedra teoretických základů techniky. Z katedry opravárenství a zemědělských staveb vznikly jejím rozdělením dvě katedry, a to katedra provozní spolehlivosti strojů a zemědělských staveb a katedra energetiky. Poslední strukturální změnou bylo vyčlenění katedry elektrotechniky a automatizace z katedry vnitropodni-

kové mechanizace a elektrizace. V této podobě katedry existovaly s drobnými změnami až do roku 1993, kdy byla provedena obsahová transformace učebních plánů oboru mechanizace zemědělství, jejímž důsledkem byl i jeho zánik a vznik nového oboru – provoz techniky. Studijní plán tohoto oboru lépe odpovídá potřebám odborného profilu absolventa v transformovaných podmínkách národního hospodářství a jeho agrárně potravinářského sektoru. Jeho absolventi jsou však připraveni k uplatnění i v oblasti obchodu, technických či komunálních služeb, státní správy a školství. Možnost rozšíření a prohloubení potřebných znalostí z oblasti managementu, marketingu, finančních a účetních operací nabídla studentům oboru zřízená specializace komerční služby. Těmto změnám byla přizpůsobena i organizační struktura pracovišť. Z kateder dřívějšího mechanizačního oboru vznikly tři ústavy: Ústav zemědělské techniky, Ústav techniky zpracování zemědělských produktů a Ústav teoretických základů techniky a opravárenství. V roce 1995 byly tyto ústavy převedeny z provozně ekonomické fakulty na fakultu agronomickou. V této podobě existují dosud. Studijní obor provoz techniky byl obsahově rozšířen o problematiku dopravy a manipulace s materiály a jeho název upraven na provoz techniky – automobilová doprava.

K uctění výročí založení univerzity a oboru uspořádali vedoucí pracovníci univerzitních ústavů tvořících pedagogický a vědeckovýzkumný základ studijního oboru provoz techniky – automobilová doprava konferenci věnovanou problematice uplatnění techniky v progresivních technologiích zemědělské a potravinářské produkce a zkoumání, modelování a řízení biotechnických procesů v těchto technologiích. Poznání a exaktní definování biotechnických vazeb a dějů přináší nové možnosti jak dosáhnout vysoké technologické i hygienické kvality zemědělských surovin i následných finálních výrobků, což je jedním z významných faktorů zvyšování rentability podnikání v tomto sektoru národního hospodářství. S významnými odbornými příspěvky přednesenými zahraničními i českými autory na této konferenci má širší odborná a vědecká veřejnost možnost seznámit se v tomto a dalších číslech časopisu *Zemědělská technika*. Je tak naplňována kontinuita dlouhodobé a bohaté spolupráce kolegů oboru dříve mechanizace zemědělství, nyní provoz techniky – automobilová doprava brněnské univerzity s tímto významným vědeckým časopisem, šířeným po celém světě.

S poděkováním vydavateli i redakční radě za účinnou spolupráci přejeme mnoho úspěchů v budování vysoké vědecké úrovně časopisu.

*PhDr. Kristína Marešová,  
doc. Ing. Jan Mareček, CSc.  
Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno*

# BIONIC ANALYSIS OF A SMALL PASTEURIZER

## BIONICKÁ ANALÝZA MALÉHO PASTERAČNÍHO ZAŘÍZENÍ

J. Musil<sup>1</sup>, J. Lobotka<sup>2</sup>, P. Hájek<sup>3</sup>, B. Groda<sup>3</sup>, J. Mareček<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Higher School of National Economy, Boskovicë, Czech Republic*

<sup>2</sup>*Slovak University of Agriculture, Nitra, Slovak Republic*

<sup>3</sup>*Mendel University of Agriculture and Forestry, Brno, Czech Republic*

**ABSTRACT:** The paper analyses the pasteurization of milk in a small pasteurizer MP-1000 that is used in primary milk production. It is a bionic analysis. The paper uses the same methodology of measurement and evaluation that was used for a similar analysis of a pasteurizer CHX 2010 that is in operation in dairies in the Czech and Slovak Republics. The results of the evaluation of the pasteurizer CHX have been published before. This paper evaluates thermic and bionic conditions of pasteurization in a pasteurizer MP-1000. It is compared here where the conclusions from evaluations of both the pasteurizers differ and where they are more or less identical. It is concluded that changes in microbiological contamination of uncooked milk cannot be handled by a change in the pasteurization regime but that it is necessary to adjust the pasteurizer so that Pasteur criterion may achieve adequate values that lead to minimalization of the decrease in quality of nutritional value of finalized milk. The paper also illustrates significantly lower energy demands of the process of pasteurization in a small pasteurizer and also the fact that when determining the critical points of pasteurization pursuant to a decree of the Ministry of Agriculture No. 147/98 (HACCP), it is not sufficient to know the temperature of the pasteurization regime as it is common in dairies.

milk pasteurization; bionic analysis; Pasteur criterion; small pasteurizer; regime of pasteurization

**ABSTRAKT:** Příspěvek bionicky analyzuje pasteraci mléka malým pasteračním zařízením MP-1000 v podniku zemědělské prvovýroby. Používá shodné metodiky měření a vyhodnocení, která byla použita pro obdobnou analýzu pasteračního zařízení CHX 2010, používaného v mlékárnách v ČR a SR. Výsledky hodnocení pasteračního zařízení CHX byly publikovány již dříve. V tomto příspěvku jsou vyhodnoceny termické, tepelné a bionické podmínky pasterace v pasteračním zařízení MP-1000 a posouzeny shody a rozdílnosti adekvátních závěrů obou pasteračních zařízení. Kromě jiného jsme dospěli k tomu, že změny mikrobiologické kontaminace syrového mléka nelze řešit jen změnou pasteračního režimu, ale že je nutné upravit i sestavení pasteračního zařízení tak, aby Pasteurovo kritérium dosahovalo vhodných –přiměřených hodnot vedoucích k minimalizaci degradace nutriční hodnoty finalizovaného mléka. Je také doložena výrazně nižší energetická náročnost procesu pasterace v malém pasteračním zařízení i to, že při stanovování kritických bodů procesu pasterace podle vyhlášky MZe č. 147/98(HACCP) nestačí jen teplota pasteračního režimu, jak se v mlékárnách zpravidla děje.

pasterace mléka; bionická analýza; Pasteurovo kritérium; malé pasterační zařízení; pasterační režim

### INTRODUCTION

In the countries of European Union, milk pasteurization has been carried out both in industrial dairy companies and directly by primary milk producers on their farms. After restructuring the agriculture and food production in the Czech and Slovak Republics in 1990, milk pasteurization was started in the facilities of agricultural primary production. There are about thirty companies in the Czech Republic at the present, engaged in milk pasteurization and there is a number of reasons leading to milk finalization in the primary agricultural production. Main of them include the production of regional dairy products without costs of milk transport into dairy plants in which the finalization of small milk amounts from the particular region is difficult both in

terms of technology and organization. Another important reason is the level of farmers' final receipts for raw milk and finalized consumer milk. The difference of financial yields is different in the different EU countries and ranges from about 50% in Germany, to 100% in Denmark up to 150% in Ireland. In the Czech and Slovak Republics, there are other specific factors of the transformation period that must be taken into account such as secondary insolvency or unwillingness of industrial dairy companies to readily pay the agricultural primary producers for the supplied raw milk.

### MATERIAL AND METHODS

The pasteurization plants for milk finalization on farms of primary milk producers are available at a great

choice in the EU countries and today also in the Czech and Slovak Republics. The paper deals with bionic, thermic and power consumption analyses of milk pasteurization in a small pasteurizer MP-1000 (Fig. 1) of Czech provenance whose price is very favourable in the comparison with foreign brands.

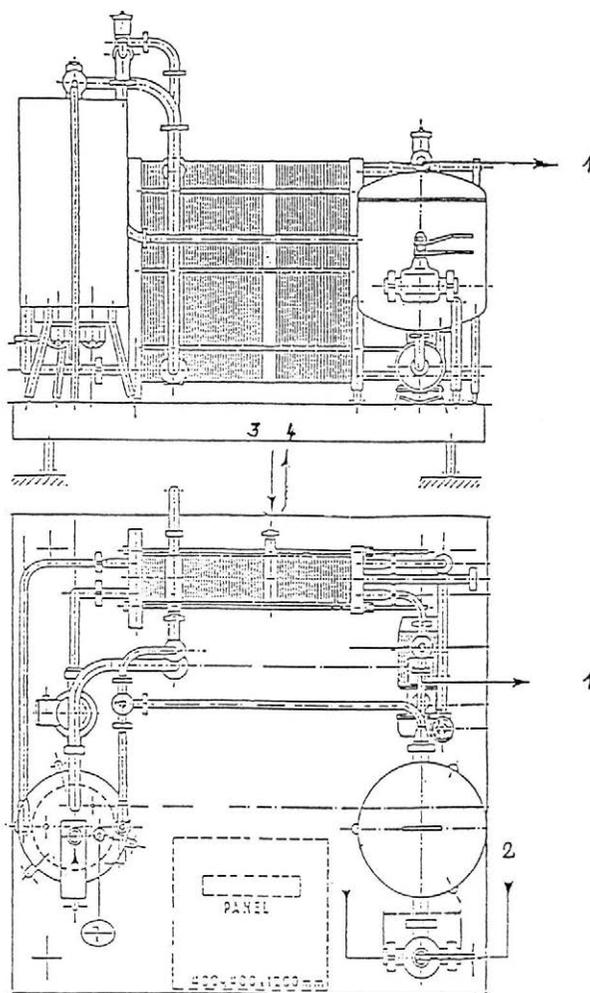
Repeated measurements were made for the bionic analysis of milk pasteurization on the MP-1000 pasteurizer in a normally operated milk plant. The pasteurizer diagramme and measuring points are illustrated in Fig. 2. Temperature was measured with calibrated Pt100 probes with records being continually plotted by an MT-32 digital indicator. Details on the instrumentation used and those on the experimental workplace are filed at the authors' workplaces.

## RESULTS

Results from measuring the MP-1000 pasteurizer marked C (May 2, 1998), D (May 15, 1998) and E (May 30, 1998) were evaluated. Results from the measurements made in the CHX 2010 dairy pasteurizer were published by Musil et al. (1998). Symbols for marking the measuring points and quantities are identical in the two cases.

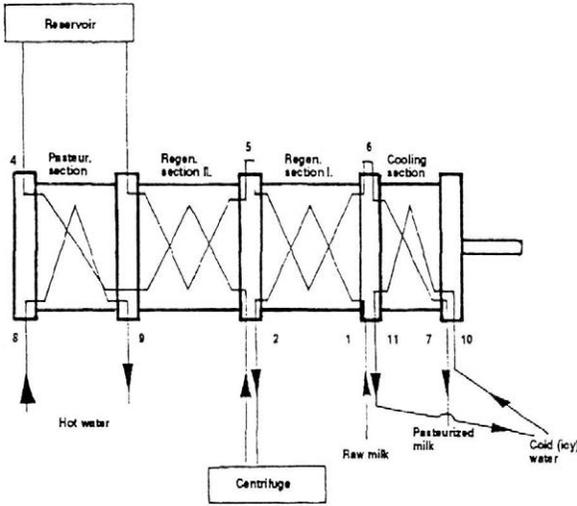
The MP-1000 measurements were statistically processed as follows:

Dependences of milk temperature on the inlet into the pasteurizer, i.e. into the regeneration section  $t_1 = f(\tau)$  in the course of pasteurization temperature ( $\tau$ ) are expressed by the following equations:



1. MP-1000 Pasteurizer

1 - pasteurized milk, 2 - water, 3 - milk from the centrifuge (above), 4 - milk into the centrifuge (below)



2. Diagramme of temperature measuring points

1 – raw milk temperature, 2 – milk temperature before the centrifuge (after regeneration I), 3 – milk temperature before the pasteurization unit (after regeneration II), 4 – milk temperature in the reservoir (after pasteurization), 5 – milk temperature between the regeneration sections I and II), 6 – milk temperature after regeneration II, 7 – milk temperature at the output from the cooling section, 8 – milk temperature before the pasteurization unit, 9 – milk temperature behind the pasteurization unit, 10 – temperature of cooling (icy) water before the cooling section, 11 – temperature of cooling water behind the cooling section

$$C: y = 35.133 + 0.1288.x - 0.0076.x^2 \quad (1)$$

$$D: y = 36.333 - 0.4091.x + 0.0303.x^2 \quad (2)$$

$$E: y = 35.200 - 0.1152.x + 0.0152.x^2 \quad (3)$$

Dependence of milk temperature on the inlet into the pasteurization section  $t_3 = t_2 = f(\tau)$  is determined by the following equations:

$$C: y = 60.875 + 0.2413.x - 0.0208.x^2 \quad (4)$$

$$D: y = 62.333 - 0.4091.x + 0.0303.x^2 \quad (5)$$

$$E: y = 61.200 - 0.1152.x + 0.0152.x^2 \quad (6)$$

Dependence of milk temperature on the outlet from the pasteurization section  $t_4 = f(\tau)$  is given by the following equations:

$$C: y = 87.275 - 0.1072.x + 0.0095.x^2 \quad (7)$$

$$D: y = 86.683 + 0.0659.x - 0.0038.x^2 \quad (8)$$

$$E: y = 86.125 - 0.0716.x + 0.0057.x^2 \quad (9)$$

Dependence of milk temperature on the outlet from the cooling section  $t_7 = f(\tau)$  is determined by the following equations:

$$C: y = 8.1500 - 1.6402.x + 0.1629.x^2 \quad (10)$$

$$D: y = 5.5900 - 0.1523.x + 0.0114.x^2 \quad (11)$$

$$E: y = 5.7917 + 0.1314.x - 0.0095.x^2 \quad (12)$$

Dependence of water temperature on the inlet into the pasteurization section  $t_8 = f(\tau)$  is determined by the following equations:

$$C: y = 89.458 - 0.1140.x + 0.0511.x^2 \quad (13)$$

$$D: y = 88.092 + 0.1860.x + 0.0360.x^2 \quad (14)$$

$$E: y = 88.092 - 0.2989.x + 0.0663.x^2 \quad (15)$$

Dependence of water temperature on the outlet from the pasteurization section  $t_9 = f(\tau)$  is given by the following equations:

$$C: y = 85.642 - 0.1102.x + 0.0549.x^2 \quad (16)$$

$$D: y = 84.625 + 0.1087.x + 0.0436.x^2 \quad (17)$$

$$E: y = 84.300 + 0.0970.x + 0.0303.x^2 \quad (18)$$

Dependence of temperature difference  $\Delta t_{24} = f(\tau)$  is given by the following equations:

$$C: y = 26.400 - 0.3485.x + 0.0303.x^2 \quad (19)$$

$$D: y = 24.350 + 0.4750.x - 0.0341.x^2 \quad (20)$$

$$E: y = 24.925 + 0.0436.x - 0.0095.x^2 \quad (21)$$

Dependence of temperature difference  $\Delta t_{27} = f(\tau)$  is given by the following equations:

$$C: y = 52.725 + 1.8814.x - 0.1837.x^2 \quad (22)$$

$$D: y = 56.383 - 0.2568.x + 0.0189.x^2 \quad (23)$$

$$E: y = 55.408 - 0.2457.x + 0.0246.x^2 \quad (24)$$

Dependence of cooling section cooling performance  $P_{ch} = f(\tau)$  is defined by the following equations:

$$C: y = 46.874 + 2.7687.x - 0.2971.x^2 \quad (25)$$

$$D: y = 50.513 - 0.1700.x - 0.0143.x^2 \quad (26)$$

$$E: y = 47.892 - 2.1556.x + 0.1652.x^2 \quad (27)$$

Dependence of pasteurization section heat performance  $P_T = f(\tau)$  is defined by the following equations:

$$C: y = 23.448 + 0.2094.x + 0.0364.x^2 \quad (28)$$

$$D: y = 21.822 + 0.4460.x + 0.0444.x^2 \quad (29)$$

$$E: y = 21.582 - 0.8695.x + 0.0601.x^2 \quad (30)$$

The final dependence of milk throughflow  $Q_{mo} = f(\tau)$  is determined by the following equations:

$$C: y = 0.8116 + 0.0185.x - 0.0023.x^2 \quad (31)$$

$$D: y = 0.8195 + 0.0009.x - 0.0005.x^2 \quad (32)$$

$$E: y = 0.7915 - 0.0329.x + 0.0025.x^2 \quad (33)$$

## RESULTS AND DISCUSSION

The reason for differences in the measured and consequently also calculated values are the differences in milk temperature ( $t_1$ ) on the inlet into the CHX pasteurizer ( $t_1 = 6^\circ\text{C}$  and  $t_1 = 12^\circ\text{C}$ ), and particularly so in the MP pasteurizer ( $t_1 = 35^\circ\text{C}$ ).

I. Evaluation of heat flows at milk pasteurization in MP-1000 pasteurizer, May 2, 1998

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Note
$\tau$ (h)	6 <sup>15</sup>	6 <sup>45</sup>	7 <sup>15</sup>	7 <sup>45</sup>	8 <sup>15</sup>	8 <sup>45</sup>	9 <sup>15</sup>	9 <sup>45</sup>	10 <sup>15</sup>	10 <sup>45</sup>	
$t_{14}$ (°C)	51.5	52.5	51.5	51.5	51.0	51.0	51.5	52.0	51.0	51.5	
$t_{27}$ (°C)	54.5	56.0	56.5	57.0	57.5	57.0	57.5	56.5	54.5	53.0	
$t_{24}$ (°C)	25.5	26.5	26.0	25.5	25.0	25.0	25.5	26.0	25.5	26.0	
$t_o$ (°C)	3.5	4.0	4.0	4.0	3.5	3.5	3.5	4.0	3.5	3.5	
$t_{ch}$ (°C)	4.5	5.0	4.5	3.5	4.0	3.5	2.5	3.0	3.0	4.0	
$Q_{mo}$ (m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> )	0.000219	0.00024	0.000245	0.00025	0.000223	0.000223	0.000219	0.000245	0.000219	0.000214	
$Q_{mo}$ (m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> )	0.7884	0.864	0.882	0.9	0.8028	0.8028	0.7884	0.882	0.7884	0.7704	
$Q_{mt}$ (m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> )	0.875912	0.959904	0.979902	0.9999	0.891911	0.891911	0.875912	0.979902	0.875912	0.855914	
$P_T$ (W)	21.98059	25.03296	25.07232	25.092	21.9432	21.9432	21.98059	25.07232	21.98059	21.8999	
$q_T$ (MJ·m <sup>-2</sup> )	0.100368	0.104304	0.102336	0.100368	0.0984	0.0984	0.100368	0.102336	0.100368	0.102336	
$P_{ch}$ (W)	46.97813	52.89984	54.48408	56.088	50.46936	50.0305	49.56408	54.48408	46.97813	44.64211	
$q_{ch}$ (MJ·m <sup>-2</sup> )	0.214512	0.220416	0.222384	0.224352	0.22632	0.224352	0.22632	0.222384	0.214512	0.208608	
$P_c$ (W)	68.95872	77.9328	79.5564	81.18	72.41256	71.9737	71.54467	79.5564	68.95872	66.54202	$P_c = P_T + P_{ch}$
$q_c$ (MJ·m <sup>-2</sup> )	0.314888	0.32472	0.32472	0.32472	0.32472	0.322752	0.326688	0.31488	0.310944	0.310944	$q_c = q_T + q_{ch}$
$\eta$ (%)	50.49	49.52	49.51	50.49	50.98	50.98	50.49	50.00	50.00	49.51	

Raw milk temperature ( $t_1$ ) on the inlet into the CHX pasteurizer considerably depends on the outside temperature as an affecting factor particularly during the milk collection in metal, non-insulated tanks.

Dependence of milk temperature  $t_1 = f(\tau)$  for the small MP-1000 pasteurizer is parabolic in all three evaluated cases. A considerable difference in the comparison with the CHX 2100 pasteurizer consists in the numerical value of the first parameter, independent of pasteurization time ( $\tau$ ). The value of the parameter in the small pasteurizer is by one order higher, which is given by the fact that milk was delivered into the MP-1000 after milking with no previous cooling at the experimental measurements. This high value of parameter ( $a_0$ ) for parabolic courses predetermines low values of  $P_T$  thermal performance of the pasteurization section, and specific heat consumption  $q_T$  in this section (Tab. I). Their courses are parabolic, too. The parabolic courses of dependence  $t_1 = f(\tau)$  are very flat in all three cases (C, D, E), which is given by the values of parameter  $a_1$  (linear dependence on time  $\tau$ , and parameter  $a_2$  (quadratic dependence on time  $\tau$ ) – see equations 1 to 3. The situation results from the fact that the function of storage milk reservoir before the pasteurizer was performed by the PAKO cooling tank during the measurements, which – however – was not operated as a cooling tank but as a storage insulated tank. The course of this dependence is concave on May 2, 1998 (C), and convex on May 15, 1998 (D) and May 30, 1998 (E). This course of dependence  $t_1 = f(\tau)$  also predetermines the course of dependences  $t_2 = t_2 = t_1' f(\tau)$  as in equations 4 to 6 for the course of which identical conclusions apply incl. the concave and convex characters. The numerical value of  $a_0$  whose order does not differ in the comparison with the value found in the large CHX pasteurizer is no less important; it is lower by the value of approx. 15–16, i.e. it reaches the values ranging between 60.87–62.33 which are threshold values for the beginning of inactivating pasteurization effect. It follows that the size of heat-exchange area of the regeneration section in the small MP-1000 pasteurizer was adjusted (designed) correctly. Under these conditions the partial pasteurization effect in the regeneration section at milk delivery into the pasteurizer does not occur as we could see in the CHX large pasteurizer and the same regime of pasteurization ( $t_2 = 85$  °C). What happened in the large pasteurizer was a considerable "milk over-pasteurization" ( $PA > 4$  000). It follows that it is not advisable to just modify the regime of pasteurization in the same pasteurizer but what must be modified at the same time is the size of heat-exchange area of the regeneration section and thus prevent high over-pasteurization. The bionic assessment of the MP-1000 pasteurizer (Tab. II) brings evidence to this fact by Pasteur criterion values ranging between  $PA = 6.65$ – $7.67$  which fully comply in the order of units with Pasteur criterion values ( $PA$ ) for the pasteurizer without control systems. A similar compliance with the course of  $t_1 = f(\tau)$  in terms of convex and concave characters cannot be

II. Evaluation of biotechnical inactivation effect of milk pasteurization in MP-1000 pasteurizer

	Set (measured) values	Determination of partial pasteurization effects	
		Regeneration section-Cooling	Pasteurization section
Pasteurization regime	May 2, 1998 $t_1 = 35.5 \text{ }^\circ\text{C}$ $t_2 = 61 \text{ }^\circ\text{C}$ $t_4 = 87 \text{ }^\circ\text{C}$ $Q_{mto} = 0.00023 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ $t_p = 60 \text{ }^\circ\text{C}$ $\Sigma PA_i$	$V_{rII} = 0.0008 \text{ m}^3$ $\Theta_n = 0.15 \text{ s}$ $\Theta_n = 0.34 \text{ s}$ $PA_{rII} = 2.31$	$V_p = 0.0008 \text{ m}^3$ $\Theta_n = 0.08 \text{ s}$ $\Theta_n = 0.34 \text{ s}$ $PA_p = 4.34$
	$PA_{rII} + PA_p = 6.65$		
	May 13, 1998 $t_1 = 35 \text{ }^\circ\text{C}$ $t_2 = 61 \text{ }^\circ\text{C}$ $t_4 = 87 \text{ }^\circ\text{C}$ $Q_{mto} = 0.000224 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ $t_p = 60 \text{ }^\circ\text{C}$ $\Sigma PA_i$	$V_{rII} = 0.0008 \text{ m}^3$ $\Theta_n = 0.15 \text{ s}$ $\Theta_n = 0.357 \text{ s}$ $PA_{rII} = 2.38$	$V_p = 0.0008 \text{ m}^3$ $\Theta_n = 0.08 \text{ s}$ $\Theta_n = 0.357 \text{ s}$ $PA_p = 4.46$
$PA_{rII} + PA_p = 6.84$			
May 2, 1998 $t_1 = 35 \text{ }^\circ\text{C}$ $t_2 = 61 \text{ }^\circ\text{C}$ $t_4 = 87 \text{ }^\circ\text{C}$ $Q_{mto} = 0.000196 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ $t_p = 60 \text{ }^\circ\text{C}$ $\Sigma PA_i$	$V_{rII} = 0.0008 \text{ m}^3$ $\Theta_n = 0.15 \text{ s}$ $\Theta_n = 0.4 \text{ s}$ $PA_{rII} = 2.67$	$V_p = 0.0008 \text{ m}^3$ $\Theta_n = 0.08 \text{ s}$ $\Theta_n = 0.4 \text{ s}$ $PA_p = 5.00$	
$PA_{rII} + PA_p = 7.67$			

claimed for the dependence of final temperature of pasteurization (pasteurization regime). Reasons for the difference consist in the dependence of the heating medium (hot water) flow through the pasteurization section and the way of its electric heating, or – more precisely said – the two-state method of heat control of this water. The numerical values of parameter  $a_0$  in equations 7 to 9 indicate that the required regime of pasteurization ( $t_4 = 85 \text{ }^\circ\text{C}$ ) is slightly exceeded. A comparison of  $a_0$  in equations 4 to 6 and 7 to 9 shows that the whole heat-exchange area in the pasteurization section has the inactivation effect, i.e. that the area size was correctly designed with regard to the throughflow of the heating medium ( $Q_{vei}$ ) and its temperature and has a suitable share in the resulting value of the Pasteur criterion (Tab. II). It is the whole heat-exchange surface of the regeneration section on the outlet side from the pasteurization section that takes part in the pasteurization effect because knowing the course of the temperature diagram of this counter-flow heat-exchanger in which the heating and heated medium is identical milk of identical throughflow ( $Q_{mto}$ ), the temperature at the end of the regeneration section heat-exchange surface can be deduced (determined) about which a general statement useful for our purposes can be made that  $t_6$   $t_2$   $t_3$  acquire the numerical values of about  $60 \text{ }^\circ\text{C}$ .

It was said above about the pasteurization effect (PA) and the mentioned condition that they fully comply with the given control of the small pasteurizer. If the values of  $a_0$  in the corresponding equations (Groda et al., 1998) for the CHX pasteurizer are compared with the values of  $t_6$   $60 \text{ }^\circ\text{C}$  of MP pasteurizer, it is clear that

more than a 5-fold heat amount must be removed from 1 kg of milk in the MP pasteurizer cooling section because parameters  $a_0$  in the appurtenant equations of CHX pasteurizer and equations No. 10 to 12 of MP pasteurizer do not essentially differ. If the milk is cooled in the cooling section by icy water from the icy water freezer in an enclosed cycle, the temperatures of this circulating water acquire values of low-potential level of heat energy that can usually not be further technologically utilized. Under these conditions, the efficiency of heat recuperation in the small pasteurizer gets significantly lower (51%) as compared with the large pasteurizer.

Here a possibility is at hand to re-design the system of cooling pasteurized milk from the enclosed circuit into an opened system in which milk would be cooled by water from the regular water supply system, which could be heated from  $10\text{--}15 \text{ }^\circ\text{C}$  up to the temperature of service water (above  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Milk would then be additionally cooled in order to reach the final temperature of about  $5 \text{ }^\circ\text{C}$  – for example in an additional PACKO cooling tank. This possibility was tested at measuring the MP-1000 pasteurizer.

For  $t_8 = f(\tau)$  and  $t_9 = f(\tau)$ , i.e. equations No. 13 to 15 (MP-1000 pasteurizer) a statement can be made that the courses are identical with those in the large pasteurizer CHX 2010, i.e. that they are parabolically growing. This means that it is also the small MP-1000 pasteurizer where the conditions of heat-sharing by the heat-exchange surface in the pasteurization section are impaired. It is also here where the heat-exchange surface is "choked" by the adhesive deposit from the heating

medium (hot water) and by the so called "burning-in" of heat-sensitive substances from milk on the other side of the heat-exchange surface – although the values are lower in the small pasteurizer. The lower burning-in of heat-sensitive substances in the small pasteurizer is given by the shorter heat-exposition time which follows out from the lower values of Pasteur criterion in the large and small pasteurizers (Tab. II) at the comparable regime of pasteurization. Therefore, a pasteurization time of up to 5 hours can be recommended even for a small pasteurizer with the pasteurization regime of 85 °C provided that the deposits on the heat-exchange surface are regularly removed.

The parabolic dependence of  $\Delta t_{24} = f(\tau)$  temperature difference as in equations 19 to 21 along with the parabolic courses of  $Q_{mo} = f(\tau)$  dependence as in equations 31 to 33 determine the course of the function of heat performance  $P_T = f(\tau)$  in the pasteurization section, which is expressed by equations 28 to 30. There is a pronounced difference namely in the  $a_0$  parameter of these equations, which is by one order different than that in the adequate equations of the CHX large pasteurizer. It follows that the demand for energy is low in the small pasteurizer which can be usually connected directly to the existing electrical network in milk houses situated in cowsheds of primary agricultural production. Specific heat consumption values ( $q_T$ ) in the MP-1000 pasteurization section are also very low – some 100 kJ/m<sup>3</sup> milk, or approximately 100 J/dm<sup>3</sup>.

Similarly as in CHX, the course of  $\Delta t_{27} \Delta t_{67} = f(\tau)$  MP dependence (see equations 22 to 24) is parabolic; however, its parameter  $a_0$  has the five-fold difference as mentioned above. This values, together with the course of dependence  $Q_{mo} = f(\tau)$  (see equations 31 to 33), define the course of function of cooling section cooling performance  $P_{ch} = f(\tau)$  as in equations 25 to 27. If the MP values of  $a_0$  parameter in the equations are compared with the CHX  $a_0$  values, it is clear that they differ by one order again. This means that neither the cooling circuit of the icy water freezer demands too much power and can therefore be connected to the existing current power supply network in the milk house. However, specific heat consumption for cooling ( $q_{ch}$ ) milk in MP-1000 pasteurizer acquires values of about 200 kJ/m<sup>3</sup> of cooled milk, or 200 J/dm<sup>3</sup> of cooled milk. The total specific heat consumption ( $q_c$ ) of MP-1000 small pasteurizer acquires the values of about 300 kJ/m<sup>3</sup> or 300 J/dm<sup>3</sup> of pasteurized milk, which are very favourable values in terms of a minimum burden imposed on the economy of milk finalization by pasteurization.

The evaluation of bionic effect in the MP-1000 small pasteurizer is summarized in Tab. II. As mentioned above, the Pasteur criterion values amount to 6.65–7.67.

The share of the regeneration section ( $PA_{r11}$ ) pasteurization effect participates in these values by less than a half (2.31 ÷ 2.67) only on the end of milk outlet from the pasteurization section. Over a half of the pasteurization effect ranging between 4.34 ÷ 5.0 occurs in the pasteurization section itself ( $PA_p$ ) with the whole heat-exchange surface in the pasteurization section being the surface of inactivation effects. It was mentioned above that the Pasteur criterion values ( $PA$ ) in the order of units (6.65 ÷ 7.67) can be considered acceptable and suitable for the small pasteurizers which are not equipped with a higher system of automated control.

In the comparison with the results obtained from the CHX pasteurizer the evaluation brings an evidence of the fact that with the changed pasteurization requirements, i.e. at the changed microbiological quality of initial raw cow milk the problem solution does not consist in a mere change such as the increased regime of pasteurization, i.e. final temperature pasteurization without resolving the bionic context. The results from the small pasteurizer bionic evaluation confirm that the bionic requirements can be observed even with the higher pasteurization regime (85 °C). However, the pasteurizer must be re-arranged in terms of finding the correct size of heat-exchange surfaces in its individual sections. The "tuning" of heat-exchange surface size can certainly reduce the existing values of Pasteur criterion in the case that the pasteurizer is equipped with a microprocessor to control the process of pasteurization where it would be possible and desirable to converge the Pasteur criterion towards  $PA \rightarrow 1$ .

In this context it is worthwhile to mention the issue of the so called critical points in food technological processes (HACCP-Hazard Analysis Critical Control Points) as in Decree No. 147 of June 18, 1998 on methods of determining critical points in the manufacturing technology.

At pasteurization the dairies very often or usually consider the "final milk temperature" for a convincing and sufficient critical point. As a usual rule, the temperature is recorded and stored. The bionic evaluation indicates unambiguously that this concept of the critical point at pasteurization is entirely insufficient.

This study was supported by the Research purpose from the Ministry of Education, Youth and Pt. NO J08/98: 432100001.

## REFERENCES

Groda B. et al. (1998): Biotechnická analýza pasterizácie mlieka. Acta technol. Agric., 2, SPU-MF Nitra, 31–34.

Received on May 19, 1999

---

### Contact Address:

Prof. Ing. Bořivoj Groda, DrSc., Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika  
Tel.: +420 5 45 13 21 06, fax: +420 5 45 13 29 14

# DRYING PROCESS WITH OPTIMAL ENERGY CONSUMPTION

## PROCES SUŠENIA S OPTIMÁLNOU SPOTREBOU ENERGIE

I. Vitáček, J. Havelka, I. Petranský

*Slovak University of Agriculture, Nitra, Slovak Republic*

**ABSTRACT:** Authors analyse conditions for optimal energy consumption in the process of seed and hay drying. A new drying process with optimal energy consumption, at which the drying medium is heated to desired constant temperature difference  $\Delta t$  is compared with a contemporary standard drying process, at which the drying medium was heated to desired constant temperature  $t_1$ . This new system is the result of practical experiences and theoretical research. It enables to save about 30% of energy in seeds and hay drying.

drying seeds; optimal energy consumption;  $i$ - $x$ - $w$  diagram of humid air and humid seeds

**ABSTRAKT:** Autori analyzujú podmienky pre optimálnu spotrebu energie v procese sušenia osív a sena. Nový proces sušenia s optimálnou spotrebou energie, pri ktorom sušiace prostredie je ohrievané na požadovaný konštantný rozdiel teplôt  $\Delta t$ , je porovnávaný so súčasným štandardným procesom sušenia, pri ktorom sušiace prostredie bolo ohrievané na požadovanú konštantnú teplotu  $t_1$ . Tento nový systém je výsledkom praktických skúseností a teoretického výskumu. Umožňuje až 30% úsporu energie pri sušení osív a sena.

sušenie osív; optimálna spotreba energie;  $i$ - $x$ - $w$  diagram vlhkého vzduchu a vlhkého osiva kukurice

### INTRODUCTION

Drying is a process in which moisture from dried material is removed by heat flow. The heat flow for humidity evaporation is brought in with a heated medium. Evaporated moisture vapor is taken away in the outlet drying medium stream.

Moisture evaporation in the dried material depends on the qualities of dried material, especially on its dimensions, and on moisture diffusion inside the material.

Efficiency of the dryer depends on qualities of the material, on the chosen drying method, on the drying medium states, on the harvest organization and on the organization of wet material delivery to the dryer.

Chosen drying variables are decisive for the quality of the product and also for making the processes economical, that means efficiency of the dryer and energy consumption.

The authors performed a deep analysis of the drying process, by using the  $i$ - $x$ - $w$  diagram of wet air and wet maize seeds, in which they deduct also competent equilibrium moisture contents for given wet material, so that there were able to appoint dynamics of the drying process.

### METHODS

When preparing the drying process attention is to be attracted to:

1. The highest initial temperature of the drying medium is 40 °C to prevent deterioration of germination the dried seeds.

2. It is necessary that the drying medium relative humidity was lower than the equilibrium relative humidity for the dry material, which is near to 0.6. The authors recommend the value of 0.3. Extreme low relative humidity of the drying medium, under 0.2, is without technological advantages and causes increased energy consumption (Vitáček, 1995).

3. Drying medium relative humidity in the output of the dryer should have the value of 0.7 to prevent new moistening of the dried material. At the beginning of the drying process this value can be higher, but not more than 0.9 (Vitáček, 1995).

In this paper the authors applicated their new theoretic knowledge from their previous works.

4. The authors approached the given problem with help of an  $i$ - $x$  diagram for humid air in which they introduced curves of constant equilibrium humidities of maize seeds. This curves are drafted in coordinates: air temperature  $t$ , relative air humidity  $\phi$ . The authors obtained basic values of equilibrium humidities for maize seeds from tables (Nikitina, 1963). They introduced them in an  $i$ - $x$  diagram of humid air by help of the Henderson equation for equilibrium moisture (Pabis, 1965; Havelka, 1973).

5. Enlarged  $i$ - $x$ - $w$  diagram for humid air and wet maize seeds inspired authors to introduce a new characteristic

index – drying potential – which enables to determine the dynamics of drying in every moment of examined drying process (Vitáček, 1996; Vitáček, Havelka, 1998).

## RESULTS

### CURRENT STANDARD DRYING METHOD

We use currently a drying method with drying medium warming to a constant initial temperature  $t_1$  without regard to the atmospheric air temperature  $t_0$ . If atmospheric air temperature becomes lower, also the relative humidity of the heated drying medium  $\phi_1$  becomes lower and heat consumption becomes higher.

Theoretically the efficiency of this dryer is higher, because of the difference  $\Delta x$  between humidity in inlet and outlet drying medium, and the difference  $\Delta w$  between humidity of inlet material and his equilibrium humidity due to the contemporary drying medium state are higher. But the humidity diffusion changes this dried material are only unconsiderable.

Unnecessary heat consumption and heat losses through the walls of the dryer in the environs are the succeed.

Drying of seed materials with extra low relative humidity of the drying medium, under 0.2, causes damage

on the surface of the dried material and in this way seriously deteriorates his germination ability.

On the Fig. 1 authors present an analytical model of a drying process with constant initial drying medium temperature  $t_1 = 40^\circ\text{C}$ , represented in the  $i$ - $x$ - $w$  diagram of humid air and wet maize seed grains, for atmospheric air states:  $t_0 = 0; 10$  and  $20^\circ\text{C}$ ,  $\phi_0 = 0.7, 0.8$  and  $0.9$ .

### NEW DRYING PROCESS WITH OPTIMAL ENERGY

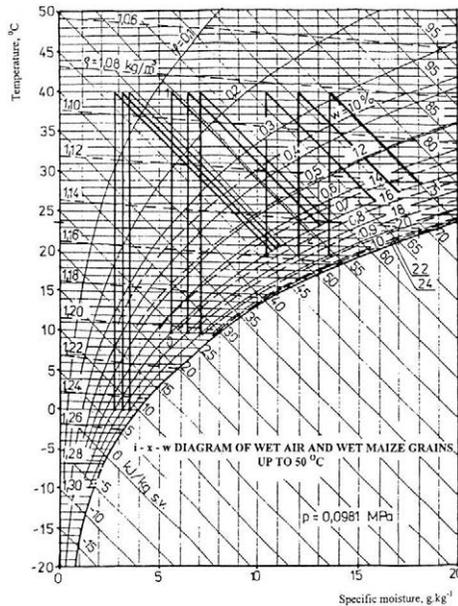
Basing on mentioned analysis of standard drying method defects, the authors proposed a new method of drying, where these technological defects do not exist.

In this new drying process it works with a constant drying potential. The drying medium is heated to a constant difference between initial drying medium temperature  $t_1$  and atmospheric air temperature  $t_0$ :

$$\Delta t = t_1 - t_0 = \text{const.}$$

In this way the relative humidity of heated drying medium  $\phi_1$  remains approximately at the same value. With a drop of the air temperature  $t_0$  the value of  $\phi_1$  decreases only slightly and it is the same for  $\Delta w$ .

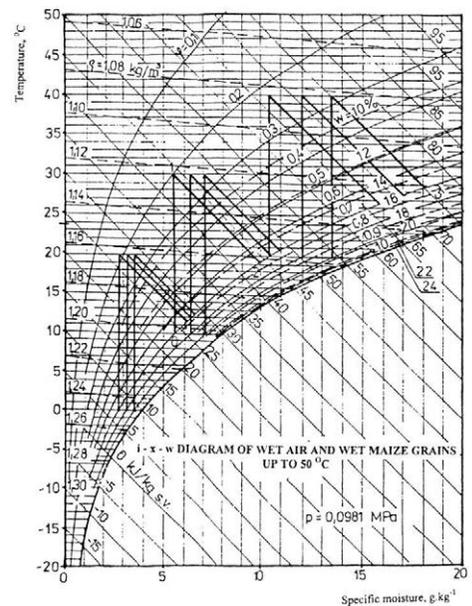
Therefore the drying rate does not change through the whole drying process. It is also heat consumption



1. Drying with constant initial temperature of drying medium  $t_1 = \text{const.} = 40^\circ\text{C}$

0-1 warming of drying medium

1-2 drying medium state changes during the drying process



2. Drying with constant initial temperature difference  $\Delta t = \text{const.} = 20^\circ\text{C}$

0-1 warming of drying medium

1-2 drying medium state changes during the drying process

for drying medium heated that does not change and remains also at the same value. The value of  $\Delta x$  decreases with a drop of air temperature  $t_0$ , but this decrease is nearly compensated with increase of air density  $\rho_1$ . Therefore the efficiency of the dryer does not practically change. The value of temperature difference  $\Delta t$  is constant. Therefore heat losses through the walls of the dryer in the environs with changes of air temperature  $t_0$  remain constant.

In the Fig. 2 the authors present an analytical model of a drying process with constant temperature difference  $\Delta t = 20$  °C, represented in the  $i$ - $x$ - $w$  diagram for humid air and humid maize seed grains, for atmospheric air states:  $t_0 = 0, 10$  and  $20$  °C,  $\phi_0 = 0.7, 0.8$  and  $0.9$ .

This system of drying medium heating up to a constant temperature difference  $\Delta t$  approaches to a system of drying medium heating to a constant initial relative humidity  $\phi_1$ , but it does not need a sensitive and very expensive electric humidity sensor, and in addition is also very simple.

#### DISCUSSION AND CONCLUSION

Presentation of the new system of drying medium heating is a result of practical experiences in drying, of theoretical analysis by the help of humid air mechanics and heat transport mechanics.

It was verified in practice by the help of the manual control.

With his introduction in practice a saving of energy up to 30%, compared with contemporary methods, was obtained.

Therefore the authors recommend to introduce this new drying system for drying of seeds and hay in practice.

#### REFERENCES

- Havelka J. (1973): Optimalizácia sušenia sena s prihrievaním vzduchu. In: Súčasná teória a prax sušenia zrnovín a krmovín. Bratislava, DT SVTS, 229–238.
- Nikitina L. M. (1963): Tablicy ravnovesnogo udel'nogo vlagozoderžania i energii svjazi vlagi s materialami. Moskva, GEI. 174 s.
- Pabis S. (1965): Suszenie plodow rolnych. Warszawa, PWRIL. 316 s.
- Vitáček I. (1995): Kontrola procesu sušenia meraním parametrov sušiaceho prostredia. Acta Technol. Agric. Univ. Agric. Nitra (36), 75–84.
- Vitáček I. (1996): Modifikovaný  $i$ - $x$  diagram vlhkého vzduchu. Poľnohospodárstvo, 42 (8), 645–651.
- Vitáček I., Havelka J. (1998): Nová metóda modelovania procesu sušenia. Acta Technol. Agric., 1 (1), 7–9.

Received on May 19, 1999

---

Contact Address:

Doc. Ing. Ivan Vitáček, CSc., Slovenská poľnohospodárska univerzita, Kalvária 3, 949 76 Nitra, Slovenská republika, tel.: +421 87 772 21 88, fax: +421 87 41 70 03, e-mail: vitazek@mech.uniag.sk

---

# Obory studijních programů akreditovaných na Agronomické fakultě Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně

Na Agronomické fakultě Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně jsou Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy registrovány podle §36 odst. 2 zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách akreditované studijní programy bakalářského, magisterského a doktorského studia, v nichž je možné studovat tyto obory:

## **Bakalářské studium** (třileté, presenční, titul Bc.)

Pozemkové úpravy, ochrana a využití půdního fondu

Všeobecné zemědělství

Výroba a distribuce potravin

## **Magisterské studium** (pětileté, presenční, titul Ing.)

Všeobecné zemědělství

Fytotechnika

Zootechnika

Agroekologie

Technologie potravin

Provoz techniky

Provoz techniky a automobilová doprava

Odpadové hospodářství

## **Doktorské studium** (třileté, presenční a distanční, titul Ph.Dr.)

Zemědělská chemie

Anatomie a fyziologie

Aplikovaná a krajinná ekologie

Vlastnosti a zpracování zemědělských materiálů a produktů

Obecná produkce rostlinná

Speciální produkce rostlinná

Ochrana rostlin

Obecná zootechnika

Speciální zootechnika

Odpadové hospodářství

Technika a mechanizace zemědělství

Studenti magisterského studijního oboru Provoz techniky a automobilová doprava mají možnost rozhodnout se, počínaje 3. ročníkem, pro specializaci:

- mechanizace zemědělství,
- komerční služby v technice,
- automobilová doprava.

Na teoretický základ technických věd navazují odborné disciplíny. Společné profilující odborné předměty poskytují dobrý přehled v základech provozu techniky ve všech oblastech.

Specializované znalosti získají studenti v dalších povinných předmětech, které jsou specifické pro jednotlivé specializace.

Své znalosti mohou posluchači rozšířit či prohloubit kombinací volitelných předmětů podle vlastního výběru.

Absolventi tohoto oboru naleznou své uplatnění v resortu zemědělství, potravinářství i v dalších resortech v průmyslových a komunálních provozech, v oblasti státní správy, školství, výzkumu a vývoje i v oblasti komerční.

*Doc. Ing. Jan Mareček, CSc.*

# MĚŘENÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI ROTAČNÍHO ŽACÍHO STROJE S KONDICIONEREM

## MEASUREMENTS OF POWER REQUIREMENTS OF A ROTARY MOWER WITH CONDITIONER

P. Sedlák, F. Bauer

Mendel University of Agriculture and Forestry, Brno, Czech Republic

**ABSTRACT:** Results of measurements of power requirements of rotary mowers ŽTR 285D and ŽTR 286D (with conditioner) mounted on the three-point linkage of the tractor. The equipment was tested at the harvest of clover (*Trifolium pratense*). At test there were measured working width, ground speed of the set, weight of the windrow, fuel consumption and torque required for driving the machine. On the basis of the values measured there were calculated the throughput of harvested material per time unit, output per area, hour and hectare related fuel consumption and power demand of the machine. Measured values were statistically processed and results plotted in charts. Evaluations (Fig. 1) show that the power demands of ŽTR 285D and ŽTR 286D mowers do not differ at throughputs up to  $5 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$ . At higher working speeds there occurs a higher increase of power demands for the mower with conditioner. At the throughput of  $14 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$  there was measured a difference of 7.1 kW between the power demands of both types of mowers. The effective output of the set including the ŽTR 285D mower changed from  $W_1 = 0.839 \text{ ha}\cdot\text{h}^{-1}$  to  $3.296 \text{ ha}\cdot\text{h}^{-1}$  at working speeds from  $0.84 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  to  $3.48 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . The fuel per hectare consumption was found to be  $Q_{\text{ha}} = 4.04 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$  to  $17.2 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$ . With the harvesting set equipped with the ŽTR 286D mower there was achieved the output  $W_1 = 0.836 \text{ ha}\cdot\text{h}^{-1}$  to  $2.398 \text{ ha}\cdot\text{h}^{-1}$  at working speeds from  $0.83 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  to  $2.61 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . The harvesting set worked with fuel consumption  $Q_{\text{ha}} = 5.79 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$  to  $15.6 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$ . The statistical evaluation of the dependance of the power demand to the throughput (Fig. 1) and fuel consumption to working speed (Fig. 2) proves that in all cases there is a very close relationship which is documented by high values of the correlation indices (Tab. II). The conclusive evidence was verified by means of the *F*-test.

mower; conditioner; power demand; throughput; fuel consumption

**ABSTRAKT:** V příspěvku jsou uvedeny výsledky měření energetické náročnosti žacích strojů ŽTR 285D a ŽTR 286D (s kondicionerem). Z vyhodnocených měření (obr. 1) je patrné, že při průchodnostech do  $5 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$  se výkon žacích strojů ŽTR 285D a ŽTR 286D neliší. Při vyšších rychlostech je nárůst příkonu větší u stroje s kondicionerem. Při průchodnosti  $14 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$  byl naměřen rozdíl v příkonech obou žacích strojů 7,1 kW. Efektivní výkonnost soupravy s žacím strojem ŽTR 285D se při pracovní rychlosti  $0,84 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  až  $3,48 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  pohybovala od  $W_1 = 0,839 \text{ ha}\cdot\text{h}^{-1}$  do  $3,296 \text{ ha}\cdot\text{h}^{-1}$ . Hektarová spotřeba paliva byla při uvedených výkonnostech  $Q_{\text{ha}} = 4,04 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$  až  $17,2 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$ . U soupravy s žacím strojem ŽTR 286D bylo při pracovní rychlosti  $0,83 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  až  $2,61 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  dosaženo výkonnosti  $W_1 = 0,836 \text{ ha}\cdot\text{h}^{-1}$  až  $2,398 \text{ ha}\cdot\text{h}^{-1}$ . Souprava pracovala se spotřebou  $Q_{\text{ha}} = 5,79 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$  až  $15,6 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

žací stroj; kondicioner; příkon; průchodnost; spotřeba paliva

### ÚVOD

Aby se zajistila rychlá sklizeň pícnin se zvýšeným podílem sušiny a aby ztráty živin byly minimální, je vhodné současně se sečením upravit pokos. Posečené rostliny se totiž po odřezání stonků brání proti rychlému odpařování vody tím, že uzavřou póry a vytvoří kalus na řezné ploše. To zpomaluje vysychání pokosu, zvyšuje ztráty živin jejich prodýcháním a zároveň se zvyšuje riziko vzniku ztrát vlivem deště. Poruší-li se kutikula sklizených rostlin, ochromí se jejich obranný mechanismus, což vede k rychlému odparu vody, ke snížení ztrát a k urychlení sklizně. Problematikou vlivu

úpravy pokosu na rychlost vysychání se zabývali různí autoři (Červinka, 1993). Úprava pokosu současně se sečením bývá nejčastěji realizována dvojicí mačkáčích válců nebo rotorem s prsty (kondicionerem). Oba způsoby narušování píce vykazují rozdíly v rozsahu porušení stonků, což se projeví v rychlosti vysychání (Sedlák, Červinka, 1997; Červinka, Sedlák, 1997). Aplikace upravovacího ústrojí u žacího stroje zvyšuje jeho příkon. V příspěvku uvádíme výsledky měření nárůstu energetické náročnosti rotačního žacího stroje s kondicionerem při sklizni jetele lučního.

Uvedená měření byla realizována v rámci etapy výzkumného záměru AF MZLU v Brně s názvem Ekono-

mická a energetická náročnost zemědělské techniky a manipulace v rostlinné produkci.

## MATERIÁL A METODY

Měření souprav traktoru s žacími stroji se uskutečnilo na rovném pozemku se stejnoměrným porostem a byly při něm zjišťovány tyto údaje:

### Charakteristika pozemku

Pozemek byl charakterizován plochou, tvarem, členitostí, sklonem svahu vybrané části, orientací měřících úseků.

### Charakteristika porostu

Pro určení charakteristiky porostu byly z vybrané části pozemku odebrány tři metrovky. Z jejich průměrné hmotnosti byl vypočten biologický výnos zelené hmoty na hektar. U 100 odebraných stonků byla změřena jejich délka a vypočtena průměrná délka sklizeného porostu. Podle fenologického snímku bylo určeno zastoupení plevelů. Z každé metrovky byl odebrán vzorek a po vysušení byla vypočtena sušina sklizené píce.

Před začátkem měření byly na vybrané části pozemku se stejnoměrným porostem na rovině vytyčeny tři měřicí dráhy o délce 30 m. Před každou měřicí drahou byl ponechán dostatečně dlouhý úsek pro ustálení chodu soupravy. U každé soupravy se měření konala v co nejširším rozsahu rychlostí od minimální po maximální dosažitelnou pracovní rychlost v daných podmínkách. Při průjezdu soupravy měřícím úsekem byly zjišťovány následující hodnoty.

#### – Průchodnost

Pro určení hmotnostního toku pícniny strojem byla zjišťována hmotnost porostu posečeného na úseku řádku o délce 5 m. Z průměrné hmotnosti byla vypočtena průchodnost ze vztahu:

$$q = \frac{g}{5} \cdot v_p \quad (\text{kg} \cdot \text{s}^{-1})$$

kde:  $g$  – průměrná hmotnost 5 m řádku (kg)  
 $v_p$  – průměrná pracovní rychlost ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )

#### – Průměrný pracovní záběr žacího stroje:

$$B_p = \frac{\sum_{i=1}^n (B_i - B_{iz})}{n} \quad (\text{m})$$

kde:  $B_i$  – vzdálenost vytyčky od stěny porostu v  $i$ -tém místě před zkouškou (m)

$B_{iz}$  – vzdálenost vytyčky od stěny porostu v  $i$ -tém místě po zkoušce (m)

$n$  – počet měření (–)

#### – Spotřeba paliva na hektar

Při zkoušce byl měřen objem paliva spotřebovaný na průjezd soupravy měřícím úsekem. Ke zjištění spotřeby byl použit průtokoměr FLOWTRONIC 205, který byl

namontován do nízkotlaké větve palivové soustavy před dopravní čerpadlo měřeného traktoru. Přepadové potrubí ze vstřikovacích jednotek bylo připojeno mezi průtokoměrem a dopravní čerpadlo.

Hektarová spotřeba se vypočte ze vztahu:

$$Q_{ha} = \frac{10 \cdot Q}{B_p \cdot L} \quad (\text{l} \cdot \text{ha}^{-1})$$

kde:  $Q_{ha}$  – hektarová spotřeba efektivní ( $\text{l} \cdot \text{ha}^{-1}$ )

$Q$  – spotřeba paliva na průjezd měřícím úsekem (ml)

$L$  – délka měřícího úseku (m)

Hodinová spotřeba efektivní se vypočte ze vztahu:

$$Q_h = \frac{3,6 \cdot Q}{T} \quad (\text{l} \cdot \text{h}^{-1})$$

kde:  $T$  – čas průjezdu soupravy měřícím úsekem (s)

Efektivní výkonnost dosahovaná při zkouškách byla vypočtena pomocí vztahu:

$$W_1 = 0,36 \cdot B_p \cdot v_p \quad (\text{ha} \cdot \text{h}^{-1})$$

Energetická náročnost zkoušených rotačních žacích strojů byla zjišťována měřením krouticího momentu na hnacím hřídeli. K měření byl použit tenzometrický snímač krouticího momentu s bezkontaktním přenosem signálu, namontovaný do kloubového hřídele umístěného mezi vývodovou hřídelí traktoru a žacím strojem. Současně byly snímány otáčky motoru. Údaje ze snímačů byly vedeny do tenzometrického zesilovače umístěného v měřícím voze. Po seřízení a úpravě byly naměřené hodnoty ukládány do paměti počítače.

Použité měřicí přístroje:

- měřicí zesilovač HOTTINGER MD-3555 s tenzometrickým snímačem krouticího momentu,
- A/D převodník DAS-8
- měřicí počítač CARRY.

U obou žacích strojů byl kromě krouticího momentu při sečení změřen také krouticí moment při chodu naprázdno. Z naměřených údajů byly vypočteny průměrné, minimální a maximální hodnoty krouticího momentu.

Průměrný krouticí moment byl vypočten ze vztahu:

$$M_k = \frac{\sum_{i=1}^n M_{ki}}{f \cdot t} \quad (\text{Nm})$$

kde:  $M_{ki}$  –  $i$ -tá naměřená hodnota krouticího momentu. (Nm)

$f$  – frekvence měření (Hz)

$t$  – čas průjezdu měřícím úsekem (s)

Z průměrných hodnot krouticího momentu a otáček vývodové hřídele byl vypočten příkon stroje podle vztahu:

$$P = M_k \cdot \omega = 2 \cdot \pi \cdot M_k \cdot n \quad (\text{W})$$

kde:  $\omega$  – úhlová rychlost vývodové hřídele traktoru ( $\text{s}^{-1}$ )

$n$  – otáčky vývodové hřídele ( $\text{s}^{-1}$ )

### Charakteristika strojů

Žací stroj ŽTR-285D je rotační, nesený na zadním tříbodovém závěsu. Výrobce Agrostroj Pelhřimov,

a.s. Konstruční záběr stroje  $B_k = 2,85$  m. Žací stroj je opatřen diskovým žacím ústrojím tvořeným sedmi oválnými disky vzájemně pootočenými o  $90^\circ$ . Na každém disku jsou namontovány dva nože. První dva vnitřní disky a poslední vnější disk jsou opatřeny nízkými bubny. První dva vnitřní disky se otáčejí ve stejném směru, ostatní se otáčejí proti sobě. Žací stroj je poháněn od zadního vývodového hřídele ( $n = 540 \text{ min}^{-1}$ ) přes řemenový převod a kuželové převody umístěné v dutém nosníku pod žacími disky. Žací ústrojí je při práci nadlehčováno pružinou umístěnou na závěsu stroje. Pro transport se žací ústrojí přestavuje pomocí jednočinného přímočarého hydromotoru zvednutím do svislé polohy.

Žací stroj ŽTR-286D je rotační diskový žací stroj s kondicionerem, nesený na zadním třibodovém závěsu. Žací ústrojí má stejnou konstrukci, jaká je u žacího stroje ŽTR-285D. Navíc je stroj vybaven kondicionerem na úpravu pokosu pro rychlejší vysychání posečené píce. Za žacím ústrojím je umístěn rotor kondicioneru, který je opatřen prsty ve tvaru písmene V vyrobenými z tvrzené pryže. Tloušťka prstů obdélníkového průřezu je 7 mm. Z horní strany je rotor zakryt krytem z ocelového plechu, který je v přední části opatřen přestavitelnou deskou. Změnou vzdálenosti desky od prstů rotoru se nastavuje intenzita porušení stonků při průchodu kondicionerem. V nejnižší poloze je hrana přestavitelné desky ve vzdálenosti 30 mm od konce prstů rotoru. Šířka

řádků pokosené píce se nastavuje pomocí přestavitelných shrnovacích plechů. Pohon kondicioneru je odvozen od vývodového hřídele traktoru ( $n = 540 \text{ min}^{-1}$ ) přes kuželovou převodovku a kloubový hřídel na hřídel prstového bubnu. Do transportní polohy se stroj přestavuje stejným způsobem jako žací stroj ŽTR-285D.

#### Charakteristika sklizeného porostu

Zkoušky souprav traktoru s rotačními žacími stroji se uskutečnily při sklizni jetele lučního (*Trifolium pratense*). Sklizený porost byl vyrovnán ve fenofázi počátek kvetení, spodní část lodyh byla polehlá. Pro zjištění charakteristiky porostu byly na vybrané části pozemku odebrány z porostu tři metrovky. Průměrný výnos jetele vypočtený z metrovek byl  $30,7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  při obsahu sušiny 20,87 %. Porost byl zaplevelen pyrem plazivým, smetankou lékařskou a kostřavou luční.

#### VÝSLEDKY

Příkon žacích strojů byl měřen pouze u strojů nesených na zadním třibodovém závěsu. Současně s měřením krouticího momentu byly zjišťovány také všechny hodnoty potřebné pro stanovení efektivní výkonnosti

I. Výsledky měření příkonu žacích strojů – Results of measurements of mower power demands

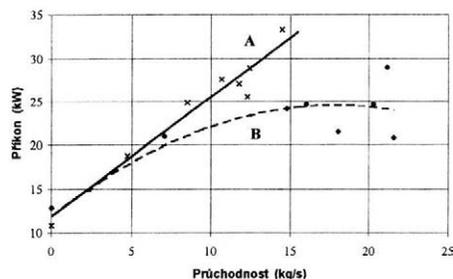
Číslo měření <sup>1</sup>	Žací stroj <sup>2</sup>	Záběr <sup>3</sup> $B_p$ (m)	Rychlost <sup>4</sup> $v_p$ ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )	Výkonnost <sup>5</sup> $W_1$ ( $\text{ha} \cdot \text{h}^{-1}$ )	Spotřeba <sup>6</sup>		Kroutilcí moment <sup>7</sup> $M_k$ (Nm)	Příkon <sup>8</sup> $P$ (kW)	Poznámka	
					$O_n$ ( $\text{l} \cdot \text{h}^{-1}$ )	$O_{ha}$ ( $\text{l} \cdot \text{ha}^{-1}$ )				
7	ŽTR 285 D						188	12,9	běh naprázdno <sup>9</sup>	
8		2,78	0,84	0,839	14,4	17,2	336	22,9		
9		2,78	0,96	0,965	15,0	15,5	356	24,2		
10		2,68	1,16	1,119	14,3	12,8	308	21,0		
11		2,64	2,37	2,254	15,1	6,71	358	24,2		
12		2,57	2,65	2,446	18,4	7,51	367	24,7		
13		2,63	3,27	3,100			367	24,7		spotřeba neměřena <sup>10</sup>
14		2,67	3,37	3,232	18,5	5,74	437	29,0		
15		2,49	3,08	2,757	14,5	5,26	404	21,5		
16		2,63	3,48	3,296	13,3	4,04	415	20,8		
17	ŽTR 286 D	2,65	1,96	1,873	16,9	9,02	412	27,6	běh naprázdno ucpaný kondicioner <sup>11</sup> $M_k$ neměřen <sup>12</sup>	
18		2,68	2,10	2,030	18,3	9,02	446	28,9		
19		2,72	2,32	2,270	16,3	7,17	464	27,1		
20							163	10,9		
21		2,71	2,61				670	33,3		
22		2,76	1,56	1,554	17,7	11,4				
23		2,84	1,46	1,498	15,1	10,1	366	24,9		
24		2,81	0,83	0,836	13,0	15,6	274	18,8		
25		2,80	2,15	2,168	14,6	6,74	482	25,6		
26		2,64	2,52	2,398	13,9	5,79	497	24,8		

<sup>1</sup>measurement number, <sup>2</sup>mower, <sup>3</sup>working width, <sup>4</sup>speed, <sup>5</sup>output, <sup>6</sup>consumption, <sup>7</sup>torque, <sup>8</sup>power demand, <sup>9</sup>idle running, <sup>10</sup>consumption not measured, <sup>11</sup>clogged conditioner, <sup>12</sup>torque not measured

II. Vypočtené regresní funkce, indexy korelace a výsledky analýzy variance – Calculated regression functions, correlation indices and results of variance analysis

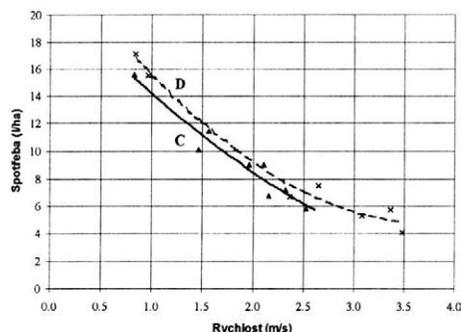
Křivka <sup>1</sup>	Regresní funkce <sup>2</sup>	$I_{yx}$	$F_{\text{vyp}}$	Průkaznost <sup>3</sup>
A	$P = 1,3684 q + 11,9$	0,9795	45,2313	vysoce průkazné <sup>4</sup>
B	$P = -0,0396 q^2 + 1,4153 q + 11,9$	0,8373	5,86273	průkazné <sup>5</sup>
C	$Q = 0,7829 v^2 - 8,0849 v + 21,493$	0,9666	35,6023	vysoce průkazné
D	$Q = 1,3691 v^2 - 10,46 v + 24,643$	0,9907	105,276	vysoce průkazné

<sup>1</sup>curve, <sup>2</sup>regression function, <sup>3</sup>evidence, <sup>4</sup>highly conclusive, <sup>5</sup>conclusive



1. Závislost příkonu žacích strojů na průchodnosti – Dependence of the mower power demand on the throughput

příkon – power demand  
 průchodnost – throughput  
 -- ŽTR 285D  
 — ŽTR 286D



2. Závislost hektarové spotřeby pohonných hmot na pracovní rychlosti – Dependence of the fuel per hectare consumption on the working speed  
 spotřeba – consumption  
 rychlost – speed

a spotřeby paliva. Naměřené a vypočtené hodnoty jsou uvedeny v tab. I. Vypočtené hodnoty hektarové spotřeby a příkonu žacích strojů byly statisticky zpracovány pomocí polynomické regrese a vyneseny do grafů. Vypočtené rovnice spolu s indexy korelace jsou uvedeny v tab. II. Statistická průkaznost vypočtených regresních funkcí byla ověřována pomocí  $F$ -testu.

Naměřené hodnoty příkonu v závislosti na průchodnosti píče sečené strojem byly vyneseny do grafu na obr. 1 a proloženy regresními funkcemi. U obou uvedených strojů jsou vypočtené závislosti polynomy. Hodnoty indexů korelace  $I_{yx}$  = 0,8373 a 0,9795 svědčí o vysoké těsnosti vypočtených závislostí. Výsledky  $F$ -testu (tab. II) prokázaly, že regresní funkce A (ŽTR 286D) je statisticky vysoce průkazná na hladině významnosti  $\alpha$  = 0,01 a funkce B (ŽTR 285D) je průkazná na hladině významnosti  $\alpha$  = 0,05.

Příkon žacího stroje ŽTR 285D se při měření pohyboval od  $P$  = 12,9 kW při běhu naprázdno do  $P$  = 29 kW. U žacího stroje s kondicionerem, ŽTR 286D, byl naměřen příkon při chodu naprázdno  $P$  = 10,9 kW a při maximálním zatížení  $P$  = 33,3 kW. Z grafu na obr. 1 je patrné, že u obou strojů narůstal příkon se zvyšující se pracovní rychlostí. U žacího stroje ŽTR 285D je možné pozorovat poněkud větší rozptyl naměřených příkonů při vyšších průchodnostech. To se projevilo v nižší hodnotě indexu korelace. Při porovnání žacích strojů ŽTR 285D a ŽTR 286D můžeme konstatovat, že do průchodnosti  $5 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$  jsou příkony obou strojů téměř shodné. Při vyšších průchodnostech narůstá příkon stroje s kondicionerem mnohem prudčeji než u klasického žacího stroje.

Naměřené hodnoty efektivní hektarové spotřeby pohonných hmot v závislosti na pracovní rychlosti jsou uvedeny na obr. 2. Hodnoty vynesené do grafu byly proloženy parabolou. Vysoké hodnoty indexů korelace  $I_{yx}$  = 0,9666 a 0,9907 dokazují, že se u obou vypočtených závislostí jedná o vysokou těsnost. Také analýzou variance (tab. II) bylo prokázáno, že obě regresní funkce jsou statisticky vysoce průkazné na hladině významnosti  $\alpha$  = 0,01.

U soupravy s žacím strojem ŽTR 285D se při pracovní rychlosti  $0,84 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  až  $3,48 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  efektivní spotřeba pohonných hmot na hektar posečené plochy pohybovala v rozmezí  $Q_{1\text{ha}}$  =  $4,04 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$  až  $17,2 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Efektivní výkonnost soupravy byla  $W_1$  =  $0,839 \text{ ha} \cdot \text{h}^{-1}$  až  $3,296 \text{ ha} \cdot \text{h}^{-1}$ . Jak je zřejmé z grafu na obr. 2, dochází s nárůstem rychlosti k poklesu hektarové spotřeby. Vysoká hodnota vypočteného indexu korelace svědčí o velmi těsné závislosti. U soupravy s žacím strojem ŽTR 286D byla naměřena spotřeba v rozmezí  $Q_{1\text{ha}}$  =  $5,79 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$  až  $15,6 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$  při pracovní rychlosti  $0,83$  až  $2,61 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Efektivní výkonnost se pohybovala v rozmezí  $W_1$  =  $0,836$  až  $2,398 \text{ ha} \cdot \text{h}^{-1}$ . Vzhledem k tomu, že žací stroj ŽTR 286D je vybaven kondicionerem, bylo dosaženo

nižší maximální rychlosti, což se projevilo v nižší efektivní výkonnosti. Při vyšších pracovních rychlostech se již kondicioner ucpával. Z grafu na obr. 2 je patrné, že vyšší spotřeba pohonných hmot byla naměřena v celém rozsahu porovnávaných pracovních rychlostí u soupravy s žacíím strojem ŽTR 285D. Souprava s žacíím strojem ŽTR 286D vykazovala nižší spotřebu i při vyšším naměřeném příkonu (tab. I). Rozdíl je způsoben tím, že motor traktoru při měření žacíího stroje bez kondicioneru nebyl plně vytížen a pracoval v oblasti regulačtorové větve otáčkové charakteristiky. Při zařazení stejného rychlostního stupně u soupravy s kondicionerem došlo v důsledku vyššího příkonu stroje (obr. 1) k poklesu otáček motoru. To znamená, že motor pracoval v oblasti zatěžovací větve charakteristiky s nižší měrnou spotřebou. Veškerá měření byla prováděna při nastavené maximální dodávce paliva. Naměřený rozdíl je tedy způsoben tím, že při zkouškách žacíího stroje ŽTR 286D s kondicionerem pracoval motor traktoru v příznivější oblasti zatížení s nižší měrnou spotřebou.

## ZÁVĚR

Z výsledků měření příkonu zkoušených rotačních žacích strojů vyplývají tyto skutečnosti:

Při měření energetické náročnosti byl zjištěn nejvyšší příkon  $P = 33,3$  kW u žacíího stroje ŽTR 286D s kondicionerem při rychlosti  $2,6$  m.s<sup>-1</sup>. Z grafického vyhodnocení (obr. 1) je patrné, že při nižších průchodnostech do  $5$  kg.s<sup>-1</sup> se příkon žacích strojů ŽTR 285D a ŽTR 286D příliš neliší. Při vyšších rychlostech je nárůst příkonu větší u stroje s kondicionerem. Protože u obou strojů je použito stejné žacíí ústrojí, je možno konstatovat, že rozdíl v příkonech je způsoben pře-

devším kondicionerem. Při průchodnosti  $14$  kg.s<sup>-1</sup> činí rozdíl v příkonech obou žacích strojů  $7,1$  kW. Měrný příkon vztažený na tunu posečené píce za hodinu se při pracovní rychlosti  $0,8$  m.s<sup>-1</sup> až  $2,5$  m.s<sup>-1</sup> u stroje ŽTR 285D pohyboval v rozmezí  $0,45$  až  $1,1$  kW/(t.h<sup>-1</sup>). U žacíího stroje s kondicionerem se měrný příkon při stejných pracovních rychlostech pohyboval od  $0,6$  kW/(t.h<sup>-1</sup>) do  $1,1$  kW/(t.h<sup>-1</sup>). Námí zjištěné hodnoty jsou poněkud vyšší než zjistil Metzner (1995). Pro sečení lučních porostů rotačním žacíím strojem při pracovní rychlosti do  $4$  m.s<sup>-1</sup> uvádí měrný příkon do  $0,65$  kW/(t.h<sup>-1</sup>).

U žacíího stroje ŽTR 285D byla ve srovnání s ŽTR 286D naměřena v celém rozsahu rychlostí  $0,84$  až  $2,67$  m.s<sup>-1</sup> o  $6,1$  % vyšší efektivní hektarová spotřeba. Menší spotřeba při práci stroje s vyšším příkonem je způsobena tím, že motor traktoru pracoval v příznivější oblasti zatížení s nižší měrnou spotřebou.

## LITERATURA

- Červinka J. (1993): Rotační žací stroje ve sklizňových postupech pícnin. [Habilitation práce.] Brno, Vysoká škola zemědělská.
- Červinka J., Sedlák P. (1997): Úprava pokosu jetele červeného po rotačním žacíím stroji s kondicionérem. In: Perspektivy rozvoje zemědělské techniky. Brno, MZLU, 103–109.
- Metzner R. (1995): Benötigte Traktormotorleistung bei landwirtschaftlichen Arbeiten. Landtechnik, 5, 277–282.
- Sedlák P., Červinka J. (1997): Vliv úpravy pokosu po rotačním žacíím stroji na rychlost vysychání píce. In: Perspektivy rozvoje zemědělské techniky. Brno, MZLU, 34–40.

Došlo 19. 5. 1999

---

### Kontaktní adresa:

Ing. Pavel Sedlák, CSc., Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika, tel.: +420 5 45 13 20 98, fax: +420 5 45 13 20 93, e-mail: sedlakp@mendelu.cz

---

# Přehled výzkumných projektů řešených na oboru Provoz techniky Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně

*Grantová agentura ČR-řešitelé*

**Název: Dynamické mechanické vlastnosti dřeva**

*Odpovědný řešitel:* prof. Ing. Jaroslav Buchar, DrSc.

*Řešení projektu:* 1999–2001

*Abstrakt:* Řešení problematiky vztahu výchozí struktury dřev a jejich mechanických vlastností při dynamickém zatěžování (náraz těles, detonace výbušniny). Jsou sledovány lomové plochy a studovány mechanismy poškození. Cílem je návrh modelu chování dřeva a jeho implementace do výpočetních programů, např. ANSYS a LS DYNA.

*Grantová agentura ČR-řešitelé*

**Název: Modelování mechanického chování ocelí při reálných podmínkách tváření**

*Odpovědný řešitel:* prof. Ing. Jaroslav Buchar, DrSc.

*Řešení projektu:* 1999–2001

*Nositel:* Fakulta stavební VUT Brno, prof. Ing. Milan Forejt, CSc.

*Abstrakt:* Projekt řeší určování konstitutivní rovnice vybraných materiálů při rychlostech deformace odpovídajících reálným podmínkám tváření. Vývoj experimentální metody, návrhy mikrofyzikálních modelů plastické deformace. Implementace získaných modelů do numerických programů s cílem simulace tvářecích procesů.

*Národní agentura pro zemědělský výzkum-řešitelé*

**Název: Podklady pro ON Dosoušení píce a skladování sena, sorpční a energetické vlastnosti stébelnin**

*Odpovědný řešitel:* doc. Ing. Jiří Štencl, CSc.

*Řešení projektu:* 1997–1999

*Abstrakt:* Projekt řeší problematiku rovnovážných vlhkostí a dosoušení píce, skladování sena a využívání energetických stébelnin. Sorpční izotermny vlhkostí jsou vytvářeny na základě měření na plně komputerovaném zařízení při přesně nastavených a monitorovaných hodnotách teploty, relativní vlhkosti prostředí a rychlosti proudění. Laboratorně zjištěné hodnoty jsou verifikovány praktickými měřeními v sekci senku, jež je opatřena tenzometrickou váhou.

*Národní agentura pro zemědělský výzkum-řešitelé*

**Název: Výzkum a hodnocení kvality potravinářských obilovin**

*Odpovědný řešitel:* doc. Ing. Jan Mareček, CSc.

*Řešení projektu:* 1996–2000

*Nositel:* ZVÚ Kroměříž, RNDr. Květoslav Hubík

*Abstrakt:* Projekt se komplexně zabývá řešením výzkumu technologické jakosti potravinářského obilí zejména v oblasti nových metod hodnocení parametrů jakosti,

kteří budou odpovídat světově uznávaným postupům, což jsou standardní metodiky ICC, AACCC a EBC. Cílem řešení projektu je zajistit potravinářské obilí o vysoké jakosti, a tím zvýšit konkurenceschopnost zpracujícího průmyslu ČR (mlýny, pekárny, sladovny), zejména ve spojení se vstupem do EU. Za tímto účelem bude na základě výsledků získaných z řešení projektu vypracován komplexní systém hodnocení a řízení jakosti produkce potravinářského obilí v České republice.

**Název: Výroba a využití ethanolu ze zemědělských plodin – výběr vhodných genotypů obilovin, jejich pěstební technologie a prefinalizační procesy**

*Odpovědný řešitel:* doc. Ing. Jan Mareček, CSc.

*Řešení projektu:* 1996–1999

*Nositel:* ZVÚ Kroměříž, RNDr. Květoslav Hubík

*Abstrakt:* Cílem projektu je umožnit maximální konverzi vypěstovaných obilovin v marginálních oblastech na výrobu ethanolu a kvalitního krmiva z destilačních výpalků. Pro tento účel bude nutné zabezpečit: výběr vhodného druhu obiloviny a následně odrůdové skladby; rajonizaci vytypovaných druhů a odrůd obilovin pro marginální oblasti České republiky; agroekologická opatření pěstování vybraných druhů a odrůd obilovin (zpracování odrůdové pěstební technologie) v marginálních oblastech; studium posklizňových technologií a procesů obilovin určených k výrobě ethanolu.

*Národní agentura pro zemědělský výzkum-řešitelé*

**Název: Vliv bionáplní traktorových souprav na jejich technicko-ekonomické parametry**

*Odpovědný řešitel:* doc. Ing. Jaroslav Ondráček, CSc.

*Řešení projektu:* 1996–1998

*Abstrakt:* Projekt se zabývá problematikou používání biopaliva a bioolejů u zemědělských traktorů. V rámci úkolu jsou řešeny jak laboratorní zkoušky těchto bionáplní, tak i dlouhodobé zkoušky v provozu a je vyhodnocován vliv na technicko-ekonomické parametry traktorových souprav a vliv bionáplní na životnost jednotlivých uzlů.

**Název: Využití kejdy k biologické degradaci ropných produktů v půdě**

*Odpovědný řešitel:* doc. Ing. František Bauer, CSc.

*Řešení projektu:* 1995–1997

*Abstrakt:* V rámci řešeného projektu byla hodnocena biologická aktivita půdy, biodegradace ropných produktů v půdě a produkce sklizené biomasy pokusných plodin a byl potvrzen pozitivní účinek kejdy prasat na zvýšení biologické aktivity půdy kontaminované olejem a naftou.

*Doc. Ing. Jan Mareček, CSc.*

# ÚPRAVY DÁVKOVAČE GRANULOVANÝCH PESTICIDŮ A VÝSLEDKY ZKOUŠEK STÁLOSTI A ROVNOMĚRNOSTI DÁVKOVÁNÍ

## ADJUSTMENTS OF A METERING DEVICE OF GRANULAR PESTICIDES AND RESULTS OF METERING STABILITY AND UNIFORMITY TESTS

K. Trunečka

*Mendel University of Agriculture and Forestry, Brno, Czech Republic*

**ABSTRACT:** The application of granular pesticides for plant protection requires an equipment that has to comply with a number of technical and technological demands. Within the frame of development of applicators there was approached one step consisting in designing and producing a rotary feed with a profile that would be simple to manufacture and would comply with the properties of granules listed in the list of registered plant protection agents. Tests of a metering device equipped with fluted feed were done with Furadan 10 G including field testing of stability and uniformity of application. The metering devices were installed on seeding machines and they had the form of cylinders with diameters of 50 and 49 mm, overall length 62 mm and flute length 46 mm. Two modifications were tested: a) cylinder with six flutes, b) cylinder with five flutes. Tests were evaluated with focus on following features: the granulometric analysis of granules after passing through the metering device, the impact of depth and compaction of material in the hoppers on the metering uniformity and precision (on the throughput), the impact of variation of revolutions of the metering cylinder on the metering precision, the range of the per minute metering in  $\text{g}\cdot\text{min}^{-1}$  at various revolutions of the metering cylinder at the left and right outlets, the effect of the change of the per minute rate on the precision of the application, the conversion to a per hectare application rate at the interrow distance 0.45 m and ground speed  $6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . The regression function of the impact of change of the metering cylinder revolutions on the per minute metering was expressed and the impact of change of the metering cylinder revolutions on the per hectare rate at the interrow distance 0.45 m and ground speed  $6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  was evaluated. The measured values are presented in seven tables and on six charts.

metering device; flute cylinder; granule; applicator; metering; pesticides; testing; agrotechnical requirements

**ABSTRAKT:** Aplikace pesticidních granulí v ochraně rostlin vyžaduje techniku, která splňuje mnoho technických i technologických požadavků. V rámci rozvoje aplikačních technologií je i etapa, která zasahuje do vývoje a užití nových prostředků. Jedním jejím cílem je navrhnout a vytvořit výrobně jednoduchý profil rotoru dávkovače, který by vyhovoval vlastnostem granulátů uváděných v seznamu registrovaných prostředků na ochranu rostlin. Zkoušky dávkovače se žlábkovými dávkovacími válečky probíhaly s přípravkem Furadan 10 G, včetně provozního ověření stálosti a rovnoměrnosti aplikace na secích strojích. Potvrдили se vyhovující parametry pětižlábkového pryžového válečku zjištěné v laboratorních podmínkách.

dávkovač; žlábkový váleček; granulát; aplikační jednotka; dávkování; pesticidy; testování; agrotechnické požadavky

### ÚVOD

V současnosti zdůrazňované zdokonalování metod ochrany rostlin a hledání ekonomicky i ekologicky výhodných postupů je podmíněno mnoha přístupy. Slučování pracovních operací a úpravy potřebných strojů a zařízení, např. pro setí a ochranu rostlin, je třeba podporovat. Jednou cestou je přebírání vymožeností technického pokroku na bázi elektroniky, formulace a řízení dávek osiv, živin i pesticidů. Aplikace pesticidních granulí vyžaduje vybavení zařízením, které splňuje mnoho technických i technologických požadavků. V komple-

xu rozvoje aplikačních technologií je i etapa, která zasahuje do vývoje a užití nových prostředků. Jejím jedním cílem je navrhnout a vytvořit výrobně jednoduchý profil rotoru dávkovače, který by vyhovoval vlastnostem granulátů uváděných v seznamu registrovaných prostředků na ochranu rostlin.

### MATERÁL A METODY

Ve světě používané aplikátory granulovaných pesticidů jsou zařízení, která pracují na různých principech. Vlastností pesticidů normalizované registračním proces-

sem se však podstatně liší od jiných materiálů v zemědělství aplikovaných. Tato skutečnost se zpětně promítá do konstrukce důležitých prvků strojů. Současné i budoucí výrobní technologie a materiály dávají velký prostor pro nová řešení náhrad korodujících nebo obtížně strojírensky vyrobitelných dílů. Sladit požadavky výrobní s uživatelskými je vždy kompromisem (Trunečka, Buryšková, 1983) Tak je tomu i u dávkově aplikátorů pesticidních granulí. V příspěvku uváděné výsledky se týkají dvou provedení válečků, které byly v rámci řešení vývojového úkolu připravovány a chráněny jako vzor.

Dávkovač řádkových aplikátorů granulí je řešen alternativně s pohonem rotoru elektromotorem nebo převodem od ústrojí secího, popřípadě sázecího stroje. Objemové dávkování granulátu je mj. závislé na provedení rotoru, šoupátek, frekvenci otáčení a mnoha provozních vlivech.

Neobjemové dávkování využívající systému dopravníků, vyhrnování, třecích a odstředivých sil, není pro pesticidní granuláty typické.

V granulované podobě se používají hlavně pesticidy se systémovým účinkem. Velikost granulátů určených především pro aplikaci do půdy se pohybuje mezi 0,3 až 2,5 mm. Značný význam pro přesnou aplikaci má také tvar granulí, objem, hustota a další fyzikálně mechanické vlastnosti. V rámci řešení úkolu se vzorem staly přípravky Temik, Thimet, Dacamox, Basamid, Basudin, Gasoron, Dursban a hlavně Furadan 5 G a 10 G (Kolektiv, 1999). Z požadavků na aplikátory granulovaných pesticidů lze pro stručnost uvést potřebný rozsah plynule nastavitelného dávkování 5 až 50 kg.ha<sup>-1</sup> s tolerancí nepřesnosti dávkování ± 5 %. Protože granulace přípravku nesmí být drceny ani jinak poškozovány, vyžaduje se minimální tření v uložení a pohonu rotačních částí dávkovače i mezi částicemi, dále odolnost proti abrazi, korozi, účinným látkám, vlhkosti, těsnost a bezpečné zajištění proti vypadávání granulí mimo pracovní fázi.

Zkušební aplikační jednotka se zásobníkem o objemu 22 l, tvarově provedeným tak, aby nebyla ovlivňována tekutost granulátu při změně sklonu terénu je bez čechrače a má ve dně dávkovač s válečky a šoupátkem se dvěma vypadávacími otvory (ošetřovaná řádka). Pro laboratorní měření byla jednotka umístěna na stojanu a poháněna 12V elektromotorem. Gravitační plnění i vprazňování granulátu z každého žlábkového válečku probíhá při nastavené frekvenci otáčení rotoru. Pro praktické uplatnění lze pohon alternativně řešit také mechanickým převodem od předlohy základního stroje.

Provedení dávkovacích válečků o průměru 50 a 49 mm, celkové délce 62 mm a délce žlábků 46 mm bylo dvojí: a) váleček se šesti žlábků, b) váleček s pěti žlábků. Otáčející se válečky a jejich žlábků zajišťují nabírání, naplnění žlábků, unášení obsahu a dávkování vyprázdňováním prostoru tvořeného šoupátkovým dnem a profilem žlábků. Kontinuální dávkování je procesem závislým na rovnoměrném otáčení válečku, synchronizovaném popřípadě s pojezdovou rychlostí, a na dostatečné naplněnosti zásobníku přípravkem.

V příčném řezu válečků je patrný rozdíl profilů. Šířka žlábků na obvodu válečku a na dně žlábků je rozměrem, který spolu s hloubkou určuje plochu průřezu žlábků válečku.

a) Šestižlábkový kovový váleček má celkovou plochu průřezu geometricky rozdělitelnou na tři složky – na obvodě a ve dně žlábků jsou určeny radii a šířkou a ve střední části profilu plochou lichoběžníka. Úhel odlehlosti os žlábků činí 60°. Tento profil je podobný válečkům výsevních ústrojí na osivo (Friedman, 1973).

b) U pětižlábkového válečku je profil hvězdicový s plochým dnem a průřez žlábků tvoří ode dna lichoběžník a na obvodu kruhová úseč daná šířkou žlábků a radiem na obvodě válečku. Úhel odlehlosti os žlábků je 72°. Na kovovém nebo pryžovém válečku tohoto provedení lze vytvořit jednodušší rozvětvenější žlábků.

Dalšími podmínkami zadání zkoušené varianty jsou shodné funkce dávkovače v obou smyslech otáčení rotoru, konstantní světlost a umístění vypadávacích otvorů v šoupátku s polohami otevřeno a zavřeno. Ke zkouškám, včetně provozního ověření stálosti a rovnoměrnosti aplikace na secích strojích, byl použit přípravek Furadan 10 G.

## VÝSLEDKY

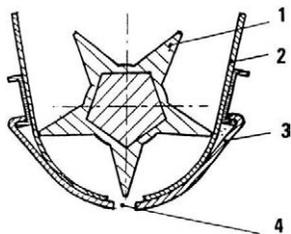
### 1. ROZBOR VELIKOSTI GRANULÍ PO PRŮCHODU DÁVKOVAČEM

Výchozí hmotnostní podíl prašných částic v granulátu činil 0,12 % (ČSN ISO 2395, ON 655713). Po průchodu jednotkou při rozsahu otáček 5 až 80 min<sup>-1</sup> se podíl poškozených granulí nejvíce zvýšil u válečků kovových šestižlábkových i pětižlábkových s průměrem 50 mm. Zmenšení válečků na průměr 49 mm, tzn. zvětšení vůle mezi rotorem a šoupátkovým dnem, se projevilo pozitivně, ale ne dostatečně u kovového šestižlábkového provedení, u kterého podíl prašných částic z poškozených granulí představoval 4,1 %. V případě pětižlábkového pryžového provedení činil prachový podíl 0,22 až 1,04 %. Obecně povolený podíl prachu v granulovaných pesticidech je 2 %.

Ze zjištěných výsledků granulometrických rozborů vyplývá zredukování počtu variant zkoušek. V dalším textu se pojednává o sestavě pětižlábkových válečků a o vybraných parametrech jejich funkce. Vlhkost vzorků granulátu v rozsahu 0,1 až 0,46 % není závažným faktorem působícím změny v dávkování (obr. 1).

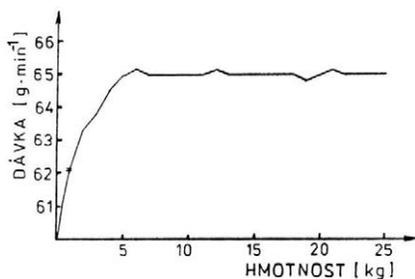
### 2. ZKOUŠKA VLIVU NAPLNĚNOSTI ZÁSOBNÍKU NA ROVNOMĚRNOST A PŘESNOST DÁVKOVÁNÍ (NA HMOTNOSTNÍ TOK)

Zkoušku jsme uskutečnili při nastavení otáček 20.min<sup>-1</sup> a postupným doplňováním po 1 kg přípravku do zásobníku. Opakovali jsme ji třikrát s přesností vážení ±0,5 g (obr. 2, tab. I).



1. Řez dávkovacím ústrojím aplikační jednotky granulovaných pesticidů – Section of the metering device of the applicator of granular pesticides

1. dávkovací váleček – metering cylinder  
 2. těleso dávkovače – body of the metering device  
 3. šoupátko – gate  
 4. výpadni otvor – outlet



2. Vliv naplnění zásobníku přípravkem na přesnost dávkování – Impact of the hopper filling on the precision of the application rate

I. Vliv naplnění zásobníku přípravkem na přesnost dávkování – Impact of the hopper filling on the precision of the application rate

Hmotnost <sup>1</sup> (kg)	Dávka <sup>2</sup> (g·min <sup>-1</sup> )			průměrná <sup>4</sup> $\bar{x}$
	číslo měření <sup>3</sup>			
	1	2	3	
0,5	61,0	61,5	61,0	61,17
1	62,0	62,0	62,5	62,17
2	63,0	64,0	63,0	63,33
3	63,5	64,0	64,0	63,80
4	65,0	64,5	64,0	64,50
5	65,0	65,0	65,0	65,00
6	65,0	65,5	65,0	65,17
7	65,0	65,0	65,0	65,00
8	65,0	65,0	65,0	65,00
9	65,0	65,0	65,0	65,00
10	65,0	65,0	65,0	65,00
11	65,0	65,0	65,0	65,00
12	65,5	65,0	65,0	65,17
13	65,0	65,0	65,0	65,00
14	65,0	65,0	65,0	65,00
15	65,0	65,0	65,0	65,00
16	65,0	65,0	65,0	65,00
17	65,0	65,0	65,0	65,00
18	65,0	65,0	65,0	65,00
19	65,0	64,4	65,0	64,83
20	65,0	65,0	65,0	65,00
21	65,0	65,0	65,5	65,17
22	65,0	65,0	65,0	65,00
23	65,0	65,0	65,0	65,00
24	65,0	65,0	65,0	65,00
25	65,0	65,0	65,0	65,00

<sup>1</sup>weight, <sup>2</sup>rate, <sup>3</sup>measurement No., <sup>4</sup>diameter

II. Rozsah dávkování přípravku za minutu při různých otáčkách dávkovacího válečku – Range of the per minute metering of the material at various revolutions of the metering cylinder

Otáčky <sup>1</sup> (min <sup>-1</sup> )	Dávka <sup>2</sup> (g·min <sup>-1</sup> )									průměr <sup>5</sup> $\bar{x}_C$
	levý vývod <sup>3</sup>				pravý vývod <sup>4</sup>					
	1	2	3	$\bar{x}_L$	1	2	3	$\bar{x}_P$		
5	33,5	33,5	34,0	33,67	34,0	33,5	33,5	33,67	33,67	
10	34,5	34,0	34,5	34,33	34,0	34,0	34,5	34,17	34,25	
15	36,0	36,0	36,0	36,00	36,0	36,0	36,0	36,00	36,00	
20	38,0	38,0	38,0	38,00	38,0	38,0	38,0	38,00	38,00	
25	40,0	40,5	40,0	40,17	41,0	40,5	41,0	40,67	40,42	
30	41,5	41,5	42,0	41,67	43,0	42,5	43,0	42,83	42,25	
35	44,0	44,5	44,5	44,33	47,0	46,5	47,0	46,83	45,58	
40	46,0	46,0	46,5	46,17	48,0	48,0	48,0	48,00	47,09	
45	47,0	47,0	47,0	47,00	50,0	49,5	50,0	49,83	48,42	
50	49,0	49,5	49,5	49,33	52,0	51,2	52,0	51,83	50,58	
55	51,0	51,5	51,5	51,33	53,5	53,0	53,0	53,17	52,25	
60	53,0	53,5	53,5	53,33	55,0	54,5	55,0	54,83	54,08	
65	54,5	55,0	55,0	54,83	57,5	57,0	57,0	57,17	56,00	
70	56,0	56,5	56,0	56,17	61,0	60,5	60,5	60,67	58,42	
75	57,0	57,0	57,5	57,17	61,0	61,5	61,5	61,33	59,25	
80	63,0	63,5	63,5	63,33	64,5	64,0	64,0	64,17	63,75	

<sup>1</sup>rotations, <sup>2</sup>dose, <sup>3</sup>left outlet, <sup>4</sup>right outlet, <sup>5</sup>average

III. Změna dávky přípravku za minutu při rozdílných otáčkách dávkovacího válečku a přepočít na hektar při rozteči řádků 0,45 m a pojezdové rychlosti  $6 \text{ km.h}^{-1}$  – The material rate per minute at various revolutions of the metering cylinder and the conversion to hectare rate at interrow distance 0.45 m and ground speed  $6 \text{ km.h}^{-1}$

Otáčky ( $\text{min}^{-1}$ )	Dávka					
	levý vývod		pravý vývod		celá jednotka	
	$\bar{x}_L$ ( $\text{g.min}^{-1}$ )	$Q_L$ ( $\text{kg.ha}^{-1}$ )	$\bar{x}_P$ ( $\text{g.min}^{-1}$ )	$Q_P$ ( $\text{kg.ha}^{-1}$ )	$\bar{x}_C$ ( $\text{g.min}^{-1}$ )	$Q_C$ ( $\text{kg.ha}^{-1}$ )
5	33,67	7,48	33,67	7,48	33,67	7,48
10	34,33	7,63	34,17	7,59	34,25	7,61
15	36,00	8,00	36,00	8,00	36,00	8,00
20	38,00	8,44	38,00	8,44	38,00	8,44
25	40,17	8,93	40,67	9,04	40,42	8,98
30	41,67	9,26	42,83	9,52	42,25	9,39
35	44,33	9,85	46,83	10,41	45,58	10,13
40	46,17	10,26	48,00	10,67	47,09	10,46
45	47,00	10,44	49,83	11,07	48,42	10,76
50	49,33	10,96	51,83	11,52	50,58	11,24
55	51,33	11,41	53,17	11,82	52,25	11,61
60	53,33	11,85	54,83	12,18	54,08	12,02
65	54,83	12,18	57,17	12,70	56,00	12,44
70	56,17	12,48	60,67	13,48	58,42	12,98
75	57,17	12,70	61,33	13,63	59,25	13,17
80	63,33	14,07	64,17	14,26	63,75	14,17

### 3. VLIV ZMĚNY POČTU OTÁČEK DÁVKOVACÍHO VÁLEČKU NA PŘESNOST DÁVKOVÁNÍ

Při zjišťování vlivu počtu otáček dávkovacího válečku na přesnost dávkování jsme použili rozsah otáček 5 až  $80.\text{min}^{-1}$ , přestavování po páté minutě. Vypočetili jsme odchylky v dávkování a regresní funkce lineární (tab. II–IV, obr. 3–6).

$x_i$  – nezávisle proměnná – otáčky ( $1.\text{min}^{-1}$ )  
 $y_i$  – závisle proměnná – minutová dávka ( $\text{g.min}^{-1}$ )  
 $y_i$  – teoretické (vypočtené) hodnoty závisle proměnné ( $\text{g.min}^{-1}$ )

Výsledky vyhodnocení změny minutové dávky v závislosti na otáčkách (obr. 4):

$$\begin{aligned} y_L &= 30,78 + 0,37x & r_L &= 0,995 \\ y_P &= 30,55 + 0,42x & r_P &= 0,997 \\ y_C &= 30,67 + 0,40x & r_C &= 0,998 \end{aligned}$$

### 4. ROZSAH HEKTAROVÝCH DÁVEK

Hektarové dávky přípravku při rozteči řádků 0,45 m, měnící se pracovní rychlosti a různých otáčkách dávkovacího válečku jsou shrnuty v tab. V.

### 5. PŘESNOST DÁVKOVÁNÍ PŘÍPRAVKU APLIKAČNÍMI JEDNOTKAMI NA SECÍM STROJI

Měření se uskutečnila při výsevu cukrovky za těchto podmínek: počet ošetřovaných řádků 12, rozteč řádků 0,45 m, hektarová dávka Furadanu 10 G  $10 \text{ kg.ha}^{-1}$ .

Výsledky provozního ověřování přesnosti dávkování aplikačními jednotkami při pohonu hřídele válečků 12V elektromotorem jsou shrnuty v tab. VI a při pohonu hřídele válečků od pojezdových kol secího stroje v tab. VII.

### DISKUSE

Rozsáhlost problematiky je dokumentována na části procesu zdokonalování aplikační techniky v ochraně rostlin.

V této oblasti, související mj. s kvalitou životního prostředí, produktů i s ekonomickými vazbami, je třeba mít k dispozici prostředky, které minimalizují rizika chemizace zemědělství. Příspěvkem ke zkvalitnění dávkování granulovaných pesticidů jsou i naše měření.

Sestavy dávkovačů, které způsobovaly nepřípustné poškozování finálně připravených granulí pesticidů, byly na základě překročení podílu prachových částic v granulátu po průchodu dávkovačem vyloučeny. Válečky, resp. celý dávkovač, nesmí mechanicky poškozovat aktivní ani pasivní části dávkovače, způsobovat nárůst příkonu a nepřesné seřizování. Z naměřených hodnot dávkování za minutu vyplývá, že závislost hmotnostního toku granulátu u válečkového dávkovače se projevuje jen v oblasti náplní zásobníku do 3 kg. Nad tuto náplň je průběh zaplňování žlábků se sníženou účinností téměř vyloučen.

Změna frekvence otáčení hřídele s válečky vykazuje lineární závislost ve vztahu k dávkování za minutu.

IV. Odchytky od průměrné dávky přípravku při změně otáček dávkovacího válcečku – Deviation from the average material rate at the changeament of the revolutions of the metering cylinder

Otáčky (min <sup>-1</sup> )	Maximální odchytky od průměru <sup>1</sup> (%)		
	levý vývod	pravý vývod	celá jednotka
5	-0,50 +0,98	-0,50 +0,98	-0,50 +0,98
10	-0,96 +0,50	-0,50 +0,97	-0,73 +0,73
15	-0,00 +0,00	-0,00 +0,00	-0,00 +0,00
20	+0,00 -0,00	+0,00 -0,00	+0,00 -0,00
25	-0,42 +0,82	-0,42 +0,81	-0,42 +1,43
30	-0,41 +0,79	-0,77 +0,40	-1,78 +1,78
35	-0,74 +0,38	-0,70 +0,36	-3,47 +3,12
40	-0,37 +0,71	-0,00 +0,00	-2,31 +1,93
45	-0,00 +0,00	-0,66 +0,34	-2,93 +3,26
50	-0,67 +0,34	-0,64 +0,33	-3,12 +2,81
55	-0,64 +0,33	-0,32 +0,62	-2,39 +2,39
60	-0,62 +0,32	-0,60 +0,31	-2,00 +1,70
65	-0,60 +0,31	-0,30 +0,58	-2,68 +2,68
70	-0,30 +0,59	-0,28 +0,54	-4,14 +4,42
75	-0,30 +0,58	-0,54 +0,28	-3,80 +3,80
80	-0,52 +0,27	-0,26 +0,51	-1,18 +1,18

odchytky u levého vývodu vzhledem k  $\bar{x}_L$  – deviations at the left outlet with respect to  $\bar{x}_L$

odchytky u pravého vývodu vzhledem k  $\bar{x}_P$  – deviations at the right outlet with respect to  $\bar{x}_P$

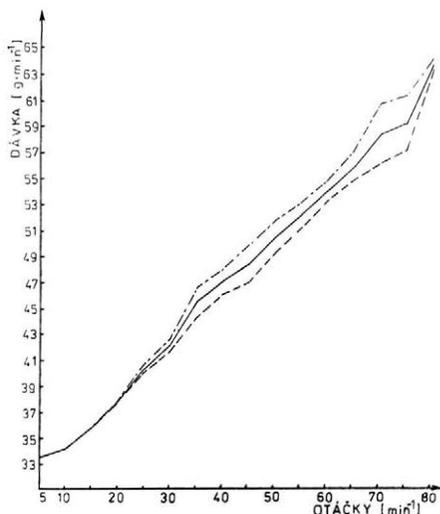
odchytky u celé jednotky vzhledem k  $\bar{x}_C$  – deviations at the entire unit with respect to  $\bar{x}_C$

<sup>1</sup>maximum deviations from the average

Rozdíly v dávkování válcečku levého proti pravému se projevují při otáčkách nad 25.min<sup>-1</sup>. Z těchto závislostí lze stanovit oblast otáček válcečků, pokud možno nízkých, pro praktické použití. Jedná se o rozsah otáček 5 až 25.min<sup>-1</sup>.

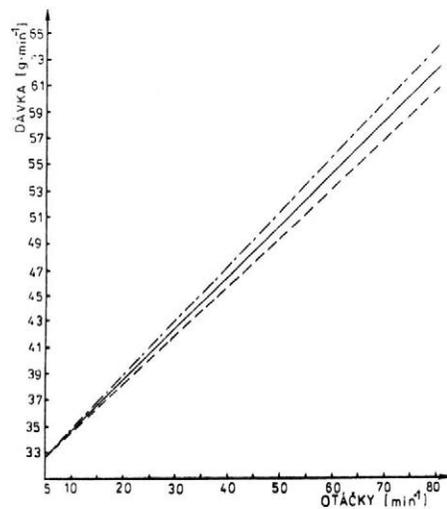
Agrotechnický požadavek na přesnost nastavení a dodržování dávky je  $\pm 5$  %. Hodnoty zjištěné při různých otáčkách dávkovacího válcečků vyhovují, neboť odchytky od průměru se pohybují do  $\pm 1$  % v celém rozsahu otáček.

Při provozních zkouškách přesnosti dávkování a dodržování nastavené hektarové dávky se na šesti aplikačních jednotkách potvrdily výsledky laboratorního měření. Ani nevyloučitelné rozdíly v sestavení jednot-



3. Vliv změny počtu otáček dávkovacího válcečku na velikost dávky za minutu – Impact of variation of revolutions of the metering cylinder on the per minute rate

--- levý vývod – left outlet  
 ... pravý vývod – right outlet  
 — celá jednotka – entire unit



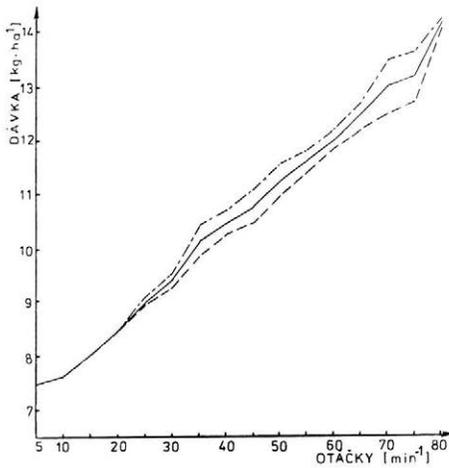
4. Regresní funkce vlivu změny počtu otáček dávkovacího válcečku na velikost dávky za minutu – Regression function of the impact of the variation of revolutions of the metering cylinder on the rate per minute

livých jednotek nezpůsobilý překročení tolerance  $\pm 5$  %. Při měření pracovní rychlosti průměrný čas na ujetí 100 m byl 56 s, což odpovídá pracovní rychlosti 6,43 km.h<sup>-1</sup> a hektarové dávce 10,31 kg.ha<sup>-1</sup>. Dodržení dávky, tj.

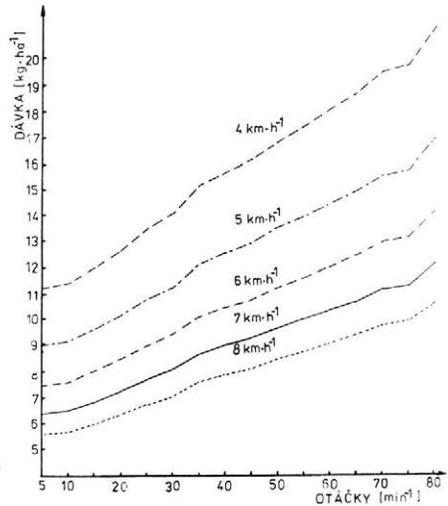
í pracovní rychlosti u pohonu dávkovačů elektromotorem, je náročnějším postupem přesné aplikace. Jde o vnější regulaci dávkování.

Při kontrolních zkouškách aplikačních jednotek s pohonem od pojezdových kol secího stroje byla přesnost

dávkování mezi jednotkami, resp. žlábkovými válečky v rozmezí dané agrotechnickými požadavky, tj. do  $\pm 5\%$ . Průměrná dávka však činila 49,17 g na 100 m, což odpovídá hektarové dávce 10,93 kg.ha<sup>-1</sup> a odchyl-



5. Vliv změny počtu otáček dávkovacího válečku na dávku přípravku na hektar při rozteči řádků 0,45 m a jezdové rychlosti 6 km.h<sup>-1</sup> – Impact of the variation of revolutions of the metering cylinder on the application rate per hectare at the interrow distance 0.45 m and ground speed 6 km.h<sup>-1</sup>



6. Vliv změny počtu otáček dávkovacího válečku na dávku přípravku na hektar při různých jezdových rychlostech a rozteči řádků 0,45 m – Impact of the variation of revolutions of the metering cylinder on the application rate per hectare at various ground speeds and at the interrow distance 0.45 m

V. Dávky přípravku na hektar při rozteči řádků 0,45 m, mění se jezdové rychlosti a různých otáčkách dávkovacího válečku – Material rates per hectare at the interrow distance 0.45 m, at changing ground speed and at various revolutions of the metering cylinder

Otáčky (min <sup>-1</sup> )	Dávka (kg.ha <sup>-1</sup> )								
	pjezdová rychlost <sup>1</sup> (km.h <sup>-1</sup> )								
	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0
5	11,22	9,58	8,98	8,16	7,48	6,91	6,41	5,99	5,61
10	11,41	10,15	9,13	8,30	7,61	7,03	6,52	6,09	5,71
15	12,00	10,67	9,60	8,73	8,00	7,38	6,86	6,40	6,00
20	12,67	11,26	10,13	9,21	8,44	7,79	7,23	6,76	6,33
25	13,47	11,98	10,78	9,80	8,90	8,29	7,70	7,19	6,74
30	14,00	12,52	11,27	10,24	9,39	8,66	8,05	7,51	7,04
35	15,19	13,51	12,15	11,05	10,13	9,35	8,68	8,10	7,60
40	15,70	13,55	12,56	13,42	10,46	9,66	8,37	8,37	7,85
45	16,14	14,35	12,91	11,74	10,76	9,93	9,22	8,61	8,07
50	16,86	14,99	13,49	12,26	11,24	10,38	9,63	8,99	8,43
55	17,42	15,48	13,93	12,67	11,61	10,72	9,95	9,29	8,71
60	18,03	16,02	14,42	13,11	12,02	11,09	10,30	9,61	9,01
65	18,67	16,59	14,93	13,58	12,44	11,49	10,67	9,95	9,33
70	19,47	17,31	15,58	14,16	12,98	11,98	11,13	10,39	9,74
75	19,75	17,56	15,80	14,36	13,17	12,15	11,29	10,53	9,88
80	21,25	18,89	17,00	15,45	14,17	13,08	12,14	11,33	10,63

<sup>1</sup>ground speed

VI. Výsledky provozního ověření přesnosti dávkování přípravku aplikačními jednotkami při pohonu hřídele válečků elektromotorem – Results of field testing of the precision of material metering by applicators when the cylinder shaft is driven by the electric motor

Ukazatel <sup>1</sup>	Označení dávkovací jednotky <sup>2</sup>											
	1		2		3		4		5		6	
	vývod <sup>3</sup>											
	levý <sup>4</sup>	pravý <sup>5</sup>	levý	pravý								
Maximální odchylky <sup>6</sup> od $\bar{x}_c$ (%)	-1,47	0,00	-1,47	-1,47	-1,47	-0,46	0,00	0,00	-1,47	0,00	-2,47	-2,47
	0,00	+1,55	0,00	0,00	0,00	0,00	+4,57	+3,56	0,00	+1,55	0,00	0,00

<sup>1</sup>index, <sup>2</sup>marking the metering unit, <sup>3</sup>outlet, <sup>4</sup>left, <sup>5</sup>right, <sup>6</sup>maximum deviations

VII. Výsledky provozního ověření přesnosti dávkování přípravku aplikačními jednotkami při pohonu hřídele válečků od kol sečino stroje – Results of field testing of the precision of material metering by applicators when the cylinder shaft is driven from the seeding machine wheels

Ukazatel <sup>1</sup>	Označení dávkovací jednotky <sup>2</sup>											
	1		2		3		4		5		6	
	vývod <sup>3</sup>											
	levý <sup>4</sup>	pravý <sup>5</sup>	levý	pravý								
Maximální odchylky od $\bar{x}_c$ (%)	0,00	0,00	0,00	-0,34	-2,37	-4,41	-0,34	-0,34	-0,34	-0,34	-2,37	-4,41
	+3,73	+1,69	+3,73	+1,69	0,00	0,00	+1,69	+1,69	+1,69	+1,69	0,00	0,00

ce překročené o +9,3 %. Protože u tohoto způsobu přenosu kroutícího momentu od kol stroje k dávkovacím válečkům je zajištěna synchronizace otáček kol s hřídelí dávkovačů, lze požadovaných 10 kg.ha<sup>-1</sup> dosáhnout změnou převodu nebo změnou průřezu výpádňového otvoru v šoupátku. Pak se jedná o vnitřní regulaci dávkování. Toto řešení a zkoumání vazeb funkce žlábkových dávkovacích válečků a nastavování velikostí a tvarů štěrbin pro potřebné dávkování bude pro rozsáhlost náplní jiného článku.

Řešená problematika je v rámci výzkumných záměrů MZLU v Brně součástí výzkumu č. 1035/9ZA01 – Systém trvale udržitelné rostlinné produkce a jejich regulace.

## LITERATURA

- Friedman M. (1973): Zemědělské stroje I. Praha, Státní zemědělský nakl. 367 s.
- Kolektiv (1999): Seznam registrovaných prostředků na ochranu rostlin. Brno, SRS. 174 s.
- Trunečka K., Buryšková L. (1983): Cesty k úsporám v ochraně rostlin. Agrochemia, 23, 205–208.
- ČSN ISO 2395. Zkušební síta a prosévání.
- ON 65 5713. Stanovení jemnosti mletí pesticidních přípravků.

Došlo 19. 5. 1999

## Kontaktní adresa:

Ing. Karel Trunečka, CSC., Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika, tel.: +420 5 45 13 21 00, fax: +420 5 45 13 20 63, e-mail: trunecka@mendelu.cz

# Dokterské disertační práce obhájené na oborech Provoz techniky a Odpadové hospodářství Agronomické fakulty Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně v letech 1994 až 1999

## 41-15-9 Technika a mechanizace zemědělství

*Předseda zkušební komise:* doc. Ing. Jiří Štencl, CSc.

*Členové zkušební komise:* prof. Ing. Jaroslav Buchar, DrSc.; doc. Ing. Jan Červinka, CSc.; prof. Ing. Bořivoj Groda, DrSc.; doc. Ing. Jaroslav Ondráček, CSc.; doc. Ing. Jan Škýřil, CSc.; Ing. Josef Šrefl, CSc.; doc. Ing. František Ptáček, CSc.

## 41-12-9 Odpadové hospodářství

*Předseda zkušební komise:* doc. Ing. Jiří Filip, CSc.

*Členové zkušební komise:* prof. Ing. Bořivoj Groda, DrSc.; doc. Ing. Vlastimil Chrást, CSc.; doc. Ing. Jan Mareček, CSc.; prof. RNDr. Marta Tesařová, CSc.; RNDr. Anna Christiánová; Dr. Ing. Zdeněk Pospíchal

Jméno	Datum obhájení	Název disertační dokterské práce	Abstrakt
Ing. Renata Otrhalíková 41-15-9	22. 06. 1994	Vliv technologie na dynamiku strojního dojení	Výzkum vlivu změn technických parametrů dojícího zařízení na průběh dojení a návrh a sestava optimální varianty technických parametrů dojící soupravy
Ing. Petr Marada 41-15-9	02. 09. 1996	Zavádění systému environmentálního řízení a čistší produkce v podnicích agrární potravinářského komplexu	Návrh optimálního způsobu řešení problémů odpadového hospodářství v zemědělství zavedením ekologicky orientovaného řízení a čistší produkce
Ing. Helena Kolomazníková 41-15-9	15. 09. 1996	Energetické využití biomasy	Komplexní posouzení extrahovaných řepkových šrotů jako paliva, tzn. zjištění palivářských charakteristik, měření znečišťujících látek při spalování
Ing. Luboš Sychra 41-15-9	15. 09. 1996	Sušení brambor pro potravinářské účely	Analýza současného stavu v sušení brambor s ohledem na možnosti vybavení zpracoven zemědělských produktů a výrobu potravin a analýza procesu sušení z pohledu změny vlastností finalizovaného produktu (vitaminy, bílkoviny, sacharidy, vláknina...)
Ing. Svatopluk Vávra 41-15-9	18. 05. 1998	Možnosti využití informačního měřicího systému v zemědělství	Analýza využití informačního měřicího systému druhé generace IMS-2 k aplikaci v zemědělství
Ing. Radovan Kukla 41-15-9	18. 05. 1998	Procesní řízení zpracování zemědělských produktů	Detailní rozbor technologií sloužící k návrhu systému získávání a předávání informace, k poznání kauzálních vztahů v dané technologii a návrh algoritmu řízení a realizace systému procesního řízení pro většinu vybraných technologií
Ing. Dalibor Fiala 41-15-9	29. 09. 1998	Trvanlivost povrchových ochranných nátěrovými hmotami se sníženou ekologickou zátěží v zemědělských provozech	Hodnocení trvanlivosti vybraných zdravotně nezávadných nátěrových hmot, některých nových a vývojových typů nátěrových hmot, porovnání výsledků dlouhodobých a zrychlených zkoušek pro tyto nátěry a doporučení vhodných nátěrových systémů pro vytypanou prostředí zemědělské produkce
Ing. Stanislav Mitáš 41-15-9	05. 11. 1998	Mechanizační prostředky pro pěstování a sklizeň lnu	Praktická měření kvantitativních a kvalitativních parametrů nově dovážených strojů pro dvoufázovou sklizeň a praktické ověření netradiční technologie sklizeň lnu navazující na zpracování a finalizaci výsledného produktu
Ing. Jaromír Musil 41-15-9	02. 06. 1999	Analýza finalizace mléka v zemědělských podniku	Analýza základní finalizace mléka, vyhodnocení procesu pasteurace v obvyklých pasterech a návrh racionální varianty strojně-technologického vybavení linek malých mlékáren
RNDr. Jana Kotovicová 41-12-9	28. 06. 1999	Studie předcházení vzniku odpadu a znečištění prostředí	Ucelený pohled na environmentální přínosy regionálních projektů čistší produkce a souhrn využití metodiky čistší produkce
Ing. Luděk Zouhar 41-15-9	28. 09. 1999	Náhrada odmašťovacích přípravků na bázi chlorovaných uhlovlodků v technologiích odmašťování strojních součástí	Zhodnocení odmašťovací účinnosti vybraných odmašťovacích přípravků se sníženou ekologickou zátěží, návrh a ověření metodiky hodnocení životnosti odmašťovacích lázní a možnosti aplikace odmašťovacích přípravků pro různé technologie odmašťování strojních součástí

*Doc. Ing. Jan Mareček, CSc.*

# MERACÍ SYSTÉM DYNAMOMETRICKÉHO VOZIDLA

## MEASURING SYSTEM OF DYNAMOMETRIC VEHICLE

J. Semetko<sup>1</sup>, I. Janoško<sup>1</sup>, L. Barda<sup>2</sup>, V. Hanzlík<sup>2</sup>, P. Pernis<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Slovak University of Agriculture, Nitra, Slovak Republic*

<sup>2</sup>*State Testing Station of Farm, Forestry and Food Machinery, Praha, Czech Republic*

**ABSTRACT:** There exist a number of common criteria for selection of sensors and measuring chains used by official testing stations and in experimental centers. They were also respected when selecting sensor and measuring chains for dynamometric tractor tests at the State Testing Station of Farm, Forestry and Food Machinery Prague. The selection was focused, above all, on requirements of current standards and regulations for traction tests of agricultural tractors and was based not only on required test protocols and on the precision of measuring chains but also on the possible rationalization of traction tests proper - aiming at their acceleration in the framework of the current standards. An analysis allowed to define the proportionality of programmed continuous increasing of the loading (tractive) force of the tested tractor in order to eliminate the inertial effects of its unsteady motion. This proved to be one of the basic issues at the selection of the programmed loading system of the dynamometric vehicle. The only limiting parameter in this respect is the tractive force. It was confirmed that measuring chains of all measured quantities have to allow for measuring instantaneous values with adequate requirements on the quantity of their sampling. Following devices answered to the selection criteria of the measuring system of the dynamometric vehicle for traction tests of tractors: HBM strain gauge of force, measuring amplifier and time basis, Correvit optoelectronic track and speed sensor, Corsys incremental sensor of angular velocity, AVL piezoelectric tachometer, differential flowmeter Pierburg, bimetallic thermometers Ganz. The entire measuring system has been developed as an open system with continuous innovation of measuring chains and with a programme of calibration performed by the user as well as by the standardization institute.

tractor; sensor test; dynamometric vehicle

**ABSTRAKT:** Existuje veľa spoločných znakov výberu snímačov a ich meracích reťazcov v úradných skúšobniach a v experimentálnych pracoviskách. Pri výbere snímačov a meracích reťazcov pre ťahové skúšky traktorov s dynamometrickým vozidlom pre ŠSPPLS Praha boli uvedené znaky zohľadnené. Tento výber sa sústredil predovšetkým na požiadavky platných noriem a predpisov pre ťahové skúšky poľnohospodárskych traktorov. Vychádzali sme pri tom nielen z požadovaných protokolov o skúškach a presnosti meracích reťazcov jednotlivých veličín, ale aj z možnosti racionalizácie ťahových skúšok samých – ich urýchlenia v rámci platných noriem. Analýzou sme určili proporionalitu programovaného plynulého zvyšovania zafazujúcej (ťahovej) sily skúšaného traktora pre elimináciu zotrvačných účinkov jeho nerovnomerným pohybom. Ukázalo sa to ako jedna zo základných otázok pri voľbe programovaného zafazovacieho systému dynamometrického vozidla. Limitujúcim parametrom je z tohto hľadiska len ťahová sila. Potvrdilo sa, že meracie reťazce všetkých meraných veličín musia umožňovať meranie okamžitých hodnôt s primeranými požiadavkami na početnosť ich vzorkovania. Kritériám výberu meracieho systému dynamometrického vozidla pre ťahové skúšky traktora vyhovelí: tenzometrický snímač sily, merací zosilňovač a časová základňa fy HBM, optoelektronický snímač dráhy a rýchlosti fy Correvit, inkrementálny snímač uhlovej rýchlosti fy Corsys, piezoelektrický otáčkomer fy AVL, diferenčný prietokomer fy Pierburg, bimetalové teplomery fy Ganz. Celý merací systém je riešený ako otvorený, s nepretržitou inováciou meracích reťazcov a s programom kalibrácie užívateľom i normalizačným ústavom.

traktor; skúšanie snímače; dynamometrické vozidlo

### ÚVOD

Úžitkové vlastnosti ťahačov a traktorov definujú ich ťahové ukazovatele. Účelom zistenia ťahových ukazovateľov je namerať veličiny, ktoré po spracovaní poskytnú objektívny obraz o ťahových vlastnostiach traktora. Metodiku zisťovania ťahových ukazovateľov určujú normy a predpisy pre skúšanie traktorov (OECD kód I/3, II/3 a V, ISO 789-9, ČSN 30 0415, STN-ISO 789-9 atď.).

V týchto normách ide predovšetkým o určenie závislosti ťahového výkonu, rýchlosti pohybu, preklzu, hodnovej a mernej spotreby paliva na ťahovej sile (rovnobežnej s povrchom dráhy) pri rozličných prevodových stupňoch. Tieto závislosti sa zisťujú pri rôznom ťahovom zaťažení, ktoré uvedené normy a predpisy vymedzujú, štandardne na rovnej betónovej dráhe.

Meraním okamžitých hodnôt menovaných veličín sa vytvorili predpoklady racionalizácie meraní (Grechenko, 1978, 1980) a výpočtová technika umožnila rýchle sprá-

covanie výsledkov meraní pri zachovaní požiadaviek, ktoré vymedzujú normy (Semetko, 1985; Semetko, Janoško, 1993).

## TEORETICKÝ ROZBOR

Na posúdenie ťahových vlastností traktora treba poznať vzťahy medzi jeho hlavnými ukazovateľmi. To znamená, že potrebujeme zistiť závislosť ťahového výkonu  $P_t$ , pracovnej rýchlosti  $v$ , preklzu jeho hnacích kolies  $\delta$ , hodinovej spotreby paliva  $M_p$  a mernej ťahovej spotreby paliva  $m_{pt}$  v závislosti od ťahovej sily  $F_t$  pri ťahových skúškach traktora.

Ťahové skúšky sa dajú urýchliť (pri zachovaní základných požiadaviek) zvyšovaním ťahovej sily  $F_t$ , ktorou zaťažujeme skúšaný traktor. Najefektívnejšie sú urýchlené ťahové skúšky traktora pri jeho rovnomerne spomalom pohybe. Pre spomaľujúci sa traktor (obr. 1) môžeme napísať (pri určitých predpokladoch a zjednodušeníach) pohybovú rovnicu v tvare:

$$F_h - F_v - F_{ta} + F_a + F_{a1} + F_{a2r} = 0 \quad (1)$$

Zotrvačný účinok posuvnej hmoty traktora v jeho ťažisku môžeme vyjadriť v pohybovej rovnici súčinnom hmotnosti traktora  $m$  a jeho spomalenia  $a$ :

$$F_a = m \cdot a \quad (2)$$

Zotrvačný účinok rotačných hmôt predných kolies traktora 4k2 môžeme vyjadriť momentom zotrvačnosti týchto kolies  $I_1$ , polomerom týchto kolies  $r_1$  a spomalením  $a$ :

$$F_{a1} = \frac{I_1 \cdot a}{r_1^2} \quad (3)$$

Zotrvačný účinok rotačných hmôt spojených so zadnými kolesami traktora môžeme vyjadriť momentom zotrvačnosti týchto hmôt redukovaných do osi zadných kolies  $I_{2r}$ , polomerom týchto kolies  $r_2$  a spomalením  $a$ :

$$F_{a2r} = \frac{I_{2r} \cdot a}{r_2^2} \quad (4)$$

Preklz hnacích kolies traktora  $\delta$  ovplyvňuje ich uhlovú rýchlosť  $\omega_2$ , ako aj dotyčnicové zrýchlenie na obvode týchto kolies  $a_d$ :

$$\omega_2 = \frac{v}{r_2(1-\delta)} \quad (5)$$

$$a_d = \varepsilon_2 \cdot r_2 = \frac{a}{1-\delta} \quad (6)$$

Ťahová sila pri spomaľovaní traktora  $F_{ta}$  je v dôsledku zvyšovania jeho zaťaženia väčšia vplyvom zotrvačných účinkov  $\Delta F_{ta}$  ako ťahová sila  $F_t$  nameraná pri jeho rovnomernom pohybe a preto ju treba o tento účinok korigovať:

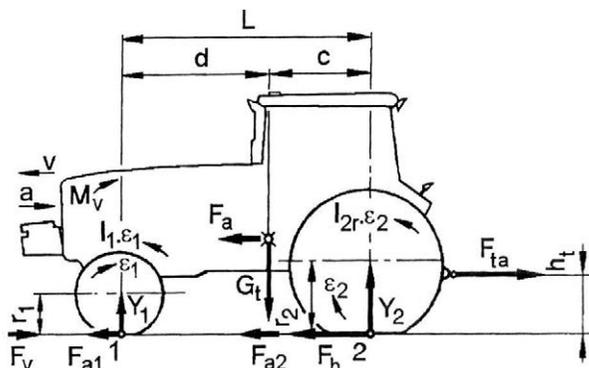
$$\begin{aligned} F_t &= F_{ta} - \Delta F_{ta} = F_{ta} - F_a - F_{a1} - F_{a2r} = \\ &= F_{ta} - a \left( m + \frac{I_1}{r_1^2} + \frac{I_{2r}}{r_2^2(1-\delta)} \right) \end{aligned} \quad (7)$$

Zmena uhlovej rýchlosti hnacích kolies  $\omega_2$  nerovnomerne sa pohybujúceho skúšaného traktora pri jeho plynulom zaťažovaní nemusí vyvolať aj zmenu jazdnej rýchlosti  $dv$ , niekedy môže vyvolať len zmenu preklzu jeho hnacích kolies  $d\delta$ , alebo naopak. Najčastejšie však vyvolá súčasne zmenu oboch veličín. Deriváciou vzťahu (5) dostaneme:

$$\frac{d\omega_2}{dt} = \varepsilon_2 = \frac{1}{r_2} \left[ \frac{1}{1-\delta_2} \cdot \frac{dv}{dt} + \frac{v}{(1-\delta_2)^2} \cdot \frac{d\delta_2}{dt} \right] \quad (7)$$

Zmeny preklzu  $d\delta$  a posuvného pohybu  $dv$  skúšaného traktora naopak umožňujú, že jeho hnacie ústrojenstvo sa môže otáčať i rovnomerne ( $\varepsilon_2 = 0$ ) aj pri nerovnomernom posuvnom pohybe. Grečenko (1980) uviedol, že zotrvačná sila hnacieho ústrojenstva redukovaná do osi hnacích kolies  $F_{a2r}$  ovplyvňuje preklz kolies rovnakým spôsobom ako hnacia sila  $F_h$  (napr. pri spomalom pohybe ide o prípad analogický rovnomernému pohybu so zvýšeným hnacím momentom). V tomto prípade stačí uvažovať so zotrvačnými účinkami posuvných hmôt i predných kolies a autor považuje korekciu zotrvačných účinkov hnacej sústavy za zbytočnú.

Takýto predpoklad vyhovuje zisťovaniu závislosti preklzu na ťahovej sile  $d = f(F_t)$ . Ďalšie údaje do protoko-



1. Silová a rozmerová schéma zaťažovaného traktora – Acting forces of loaded tractor

lov o skúškach traktorov, závislosti  $v = f(F_t)$  a  $P_t = f(F_t)$ , sú však ovplyvňované aj účinkom rotujúcich hmôt redukovaných do osi hnacích kolies, čo treba zohľadniť pri korigovaní nameranej ťahovej sily, prípadne voliť spomalenie  $a$  len v takom rozsahu, v ktorom zotrvačné účinky  $\Delta F_{ta}$  nepresiahnu spolu s nepresnosťou meracieho reťazca dynamometra  $p_d$  (%) normou dovolenú neistotu merania  $p_n$  (%). Prípustný rozdiel ťahových síl  $\Delta F_{ta}$  určíme pomocou meracieho rozsahu dynamometra  $F_d$  a zo statickej nepresnosti jeho meracieho reťazca  $p_d$  (%):

$$\Delta F_{ta} \leq \frac{p_n \cdot F_{max}}{100} - \frac{p_d \cdot F_d}{100} \quad (8)$$

Z uvedeného rozboru je zjavné, že použitím meracej aparatury s väčšou presnosťou môže byť vplyv zotrvačných síl väčší, ťahové skúšky pri zachovaní požiadavky normy na ich presnosť môžeme viac urýchliť.

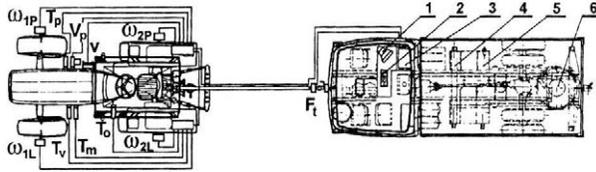
## MATERIÁL A METÓDA

Vhodný merací systém je základným predpokladom splnenia komplexu náročných požiadaviek na zaťažova-

nie, meranie a spracovanie výsledkov špeciálnou mobilnou brzdou – dynamometrickým vozidlom a vhodne volenými a rozmiestnenými snímačmi na skúšanom traktore (obr. 2).

Snímače parametrov skúšaného traktora a palubné meracie zariadenie so systémom spracovania údajov majú za úlohu priebežne merať predvolené parametre v niekoľkých zaťažovacích režimoch brzdy riadenej počítačom (Semetko et al., 1996). Pre vozidlo v rámci výberového konania boli vybrané ďalej uvedené snímače:

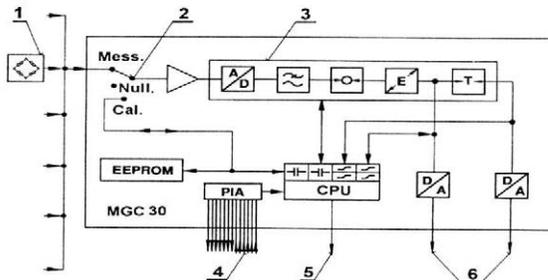
Na meranie ťahovej sily boli zvolené tri tenzometrické snímače sily U2A firmy Hottinger Baldwin Messtechnik v rozsahoch (do 20 kN, 100 kN a 200 kN) pre rôzne silné traktory s meracím zosilňovačom MGC-30 HBM s autokalibráciou a programovateľným filtrom. Snímače U2A sú zvolené s preťažiteľnosťou 150 %, triedy presnosti 0,1 a sú v tlakotesnom prevedení aj do explozívneho prostredia. Snímače sily sú pevne prichytené na konci ťažnej tyče ( $F_t$ ) pred dynamometrickým vozidlom (obr. 2). Merací zosilňovač MGC-30 s blokovou schémou (obr. 3) sa zvolil v šesťkanálovom prevedení s citlivosťou pod 0,2 % (pri autokalibrácii pod



2. Schéma rozmiestnenia snímačov a ovládania – Location of sensors and control unit

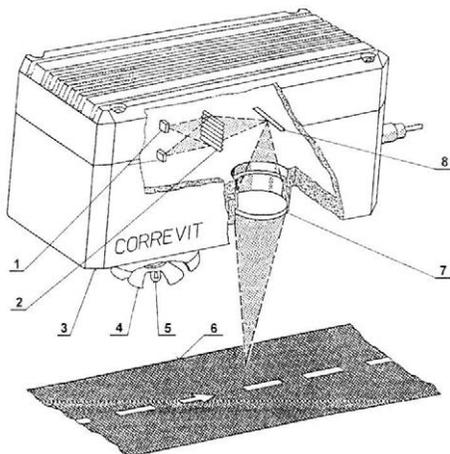
- $\omega_{1P}$  – snímač uhlovej rýchlosti predného pravého kolesa – angular speed
- $\omega_{1L}$  – snímač uhlovej rýchlosti predného ľavého kolesa – angular speed
- $\omega_{2P}$  – snímač uhlovej rýchlosti zadného pravého kolesa – angular speed
- $\omega_{2L}$  – snímač uhlovej rýchlosti zadného ľavého kolesa – angular speed
- $T_p$  – snímač teploty paliva – fuel temperature
- $T_v$  – snímač teploty chladickej kvapaliny – cooling water temperature
- $T_m$  – snímač teploty motorového oleja – motor oil temperature

- $T_o$  – snímač teploty prevodového oleja – gear oil temperature
- $V_p$  – prietokomer – flowmeter
- $v$  – snímač jazdnej rýchlosti – ground speed
- 1 – monitor
- 2 – klávesnica – keyboard
- 3 – zosilňovač, prevodníky a PC – shelf with electronic devices and personal computer
- 4 – hydrogenerátory – hydrogenerators
- 5 – hydromotory – hydromotors
- 6 – chladič – water jacket
- $F_t$  – snímač ťahovej sily – sensor of loading force



3. Schéma zapojenia meracieho zosilňovača MGC-30 – Set-up of amplifier and signal converter MGC-30

- 1 – snímač ťahovej sily – sensor of loading force
- 2 – prepínač (Mess-meranie, Null-nulovanie, Cal-kalibrácia) – switch code (M-measurement, N-reset, C-calibration)
- 3 – úprava signálov – signal adjusting
- 4 – kontrolné signály – control signals
- 5 – sériový port – serial port
- 6 – analógové výstupy – analog input



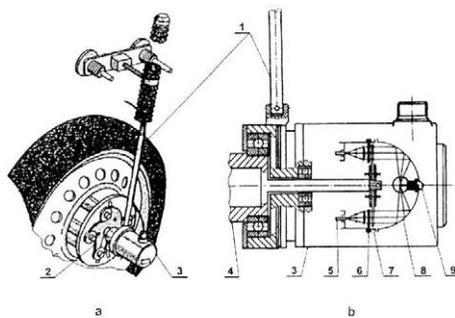
4. Schéma snímača jazdnej rýchlosti – Velocity sensor of motion

- 1 – fototranzistory – electrooptical transistors
- 2 – optická mriežka – optical grating
- 3 – teleso snímača – basic block of sensor
- 4 – reflektor – reflector
- 5 – žiarovka – lamp
- 6 – ciachovací pás – calibration band
- 7 – sošovka – lens
- 8 – zrkadlo – mirror

0,005 %), s linearitou pod 0,01 % a s analógovým výstupom s citlivosťou pod 0,04 %. Spracovanie digitálneho signálu priamo počítačom umožňuje sériový port (6) zosilňovača. Zosilňovač poskytuje aj časovú základňu s presnosťou 0,167 %.

Na meranie prejdenej dráhy, jazdnej rýchlosti sa zvolil bezdotykový Correvit senzor firmy Corsys (obr. 4). Je to kompaktný snímač so zabudovanou optikou a elektronikou pre bezdotykové a bezprekážkové meranie dráhy a rýchlosti pracujúci na princípe Dopplerovho efektu. Snímač L-CE má frekvenčný výstup kalibrovaťelný od 350 pulzov na meter až po 35 pulzov na kilometer. Horná hranica frekvencie výstupného signálu je 50 kHz. Analógový výstup snímača je prepínateľný v rozsahoch 12,5; 25; 50 a 100 mV na km.h<sup>-1</sup> a nie je závislý od digitálneho výstupu. Linearita snímača v celej oblasti meranej rýchlosti je do 0,1 % a presnosť do 0,2 %. Na kalibráciu dodáva výrobca ciachovací pás (6).

Uholový rýchlostí kolies traktora snímajú inkrementálne snímače firmy Corsys. Uchytenie telesa snímača (3) pomocou univerzálneho upínača snímača (2) na kolese je zrejme z obr. 5a. Stator snímača je fixovaný tyčou (1) pomocou držiaka s prisávkami. Princíp činnosti inkrementálneho snímača je zrejme z obr. 5b, podľa ktorého na fototranzistory (5) striedavo dopadajú lúče svetelného zdroja (9) usmernené optikou snímača a prerušované systémom rotorových (7) a statorových (6) clón. Bol zvolený snímač s 1000 impulzami na



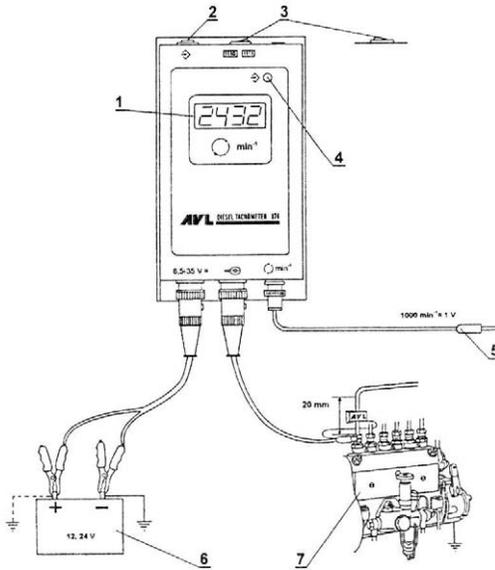
5. Inkrementálny snímač uhlovej rýchlosti kola – Incremental sensor of angular speed

- a – upevnený snímač na kolese – mounted sensor on the wheel
- 1 – stabilizačná tyč – bar stabilizer
- 2 – univerzálny upínač snímača – universal fixture of sensor
- 3 – teleso snímača – basic block of sensor
- b – schéma inkrementálneho snímača – incremental sensor
- 4 – nosič snímača – sensor holder
- 5 – fototranzistor – electrooptical transistor,
- 6 – štrbiny statorovej clony – stator diaphragm slots
- 7 – disk s rastrami – disk with basic grid
- 8 – parabolický reflektor – spotlight
- 9 – žiarovka – lamp

otáčku. Maximálne otáčky snímača sú 12 000 min<sup>-1</sup> a presnosť 0,5 %.

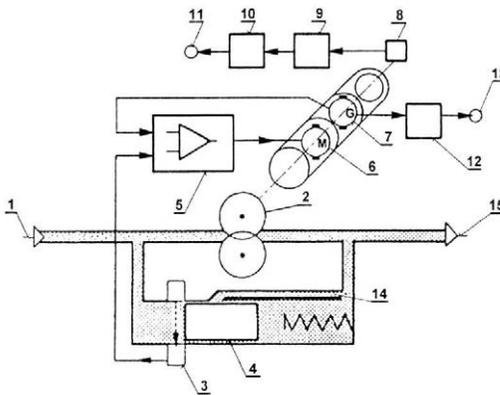
Otáčky motora traktora sníma piezoelektrický snímač a čítač otáčok Diesela tachometru firmy AVL s rozlíšiteľnosťou  $\pm 1$  min<sup>-1</sup>. Signál z piezoelektrického snímača rázu umiestneného na vysokotlakovom potrubí vstrekovacieho čerpadla (7) z prvého valca motora (obr. 6) je upravený, načítaný a zobrazený na viacfunkčnom displeji 1. Analógový výstup čítača otáčok je 1 V/1000 min<sup>-1</sup>, merací rozsah 120 až 6000 min<sup>-1</sup> a presnosť merania 0,3 %.

Na meranie spotreby paliva bol zvolený prietokomer PLU – 116 firmy Pierburg, ktorý umožňuje merať okamžitú spotrebu paliva. Princíp činnosti prietokomera je zrejme z obr. 7: objemový čítač (2) neodoberá energiu meranému médiu, ale tá je pre jeho činnosť privádzaná z vonku cez regulovateľný jednosmerný elektromotor (6). Regulácia otáčok jednosmerného elektromotora (6) sa uskutočňuje tak, aby tlaková diferenciácia nad objemovým čítačom (2) bola rovná nule. Menšie tlakové diferenciácie sa zachytávajú prostredníctvom špeciálne konštruovaného dutého plávajúceho piesta (4) a optickým snímaním sa premieňajú na elektrický signál. PI regulátor (5) porovnáva signál analógového tachodynamu (7) s tlakovou diferenciáciou signálom otáčok snímača (3) meracieho piesta (4). Ak sa zmení signál optického snímača (3) od tlakovej diferenciácie zapríčinené pohybom piesta (4), mení PI regulátor (5) otáčky jednosmerného elektromotora (6) dovtedy, až sú obe porovnávané veličiny zhodné. Tím sa dosiahne, že je tlaková diferenciácia rovná nule. Ak sa udržia v objemovom čítači tlakové diferenciácie  $\Delta p$  na nule (zamedzenie vnútorných strát



6. Schéma snímača otáčok motora – Engine speed sensor

- 1 – displej – display
- 2 – zastavenie načítavania – stop of counting circuit
- 3 – stavový prepínač – switch code
- 4 – signalizácia zastavenia – stop signalling
- 5 – analógový výstup – analog output
- 6 – napájanie otáčkomera – power supply
- 7 – snímač pulzov paliva – sensor of pulses



7. Schéma prietokomera – Operation principle of flowmeter

- 1 – nasávanie – suction
- 2 – objemový čítač – volume counter
- 3 – optické snímanie – optical sensor
- 4 – merací piest – measuring piston
- 5 – PI regulátor – PI controller
- 6 – jednosmerný elektromotor – one-way electromotor
- 7 – analógové tachodynamo – analog tachodynamo
- 8 – impulzný vysielateľ prietokomera – impulse transmitter of flowmeter
- 9 – násobič kmitočtu – frequency multiplier
- 10 – optoväzobný člen – opto-coupling member
- 11 – digitálny výstup – digital output
- 12 – deliaci zosilňovač – dividing amplifier
- 13 – analógový výstup – analog output
- 14 – prepúšťací kanál – by-pass channel
- 15 – výtlak – displacement

priesakom), sú otáčky čítača priamo proporcionálne prietoku. Signál impulzného vysielateľa prietokomera (8) postupuje cez násobič kmitočtu (9) a optoväzobný člen (10) na digitálny výstup (11), kde je možnosť pripojenia vyhodnocovacích a zobrazovacích jednotiek. Na analógovom výstupe (13) je k dispozícii analógový signál od tachodynamu (7) privedený cez deliaci zosilňovač (12). Systém je nulovo stabilný. Meračí piest integruje regulačnú odchýlku, čím sa vyrovnávajú nelinearity a odchýlky. V rozsahu 2 až 24  $\text{dm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  je presnosť prietokomera do 0,5 % a nelinearita do 0,4 %.

Pre meranie teplôt pracovných médií (paliva, chladiacej kvapaliny, motorového oleja a prevodového oleja) boli zvolené bimetalové snímače TEN 331, TEN

431 s vnútornou kompenzáciou. K dispozícii sú tiež snímače na báze Pt-100. Presnosť snímačov podľa údajov výrobcov bola v rozmedzí  $\pm 0,5$  %.

Atmosferické podmienky skúšok sa merali v stanovených výškach a vzdialenostiach kalibrovaným laboratórnym teplomerom, vlhkomerom a tlakomerom.

## VÝSLEDKY

Vybrané snímače na zisťovanie ťahových ukazovateľov traktorov dynamometrickým vozidlom, v zmysle predpisov OECD a noriem ISO, ČSN i STN, musia umožňovať merať s celým príslušným meracím reťazcom para-

metre traktorov s určitou presnosťou. Aké výsledky sa dosiahli výberovým konaním pri voľbe snímačov a ich meracích refazcov prehľadne vidieť z tab. I. Medzi jednotlivými normami sú rozdiely v požadovaných presnostiach merania parametrov pri skúšaní traktorov malých. Vychádzajú predovšetkým z reálnych predpokladov ich technického zabezpečenia. Z tab. I je zrejmé, že vybrané snímače a ich meracie refazce pre dynamometrické vozidlo LIAZ ŠSPPLS Praha s rezervou spĺňajú požiadavky na presnosť merania parametrov traktorov. Pravidelné kalibrácie týchto snímačov užívateľom ako aj štátnym ústavom normalizácie potvrdzujú stabilizovanú presnosť uvedených meracích refazcov i objektivitu nimi nameraných parametrov.

Riadiaci počítač so svojim kalibračným programom umožňuje používať aj ďalšie snímače s inými charakteristikami. Celý merací systém dynamometrického vozidla je otvorený a umožňuje systematickú inováciu snímačov i prístrojov na úpravu signálov, tzn. ďalšie zvyšovanie presnosti merania. Technická a programová vybavenosť vozidla podporuje zvolený systém pravidelnej kalibrácie snímačov a meracích refazcov ako užívateľom, tak aj ústavom normalizácie.

Okrem overovania presnosti snímačov a ich meracích refazcov sa pravidelne overuje aj zatažovací a vyhodnocovací systém porovnávajúcimi štandardnými ťahovými skúškami. Výsledky skúšok preukázali ovplyvňovanie meraných údajov v podstate len použitými snímačmi. Kvalitné A/D a D/A karty presne konvertovali merané signály.

Na základe úvodom uvedeného teoretického rozboru zo vzťahov (6) a (8) pre známe hodnoty presnosti merania ťahovej sily  $p_d = 0,4\%$  a meracieho rozsahu dynamometra  $F_d$ , ako aj normou požadovanej presnosti merania  $p_H = 1\%$  pre obvyklú hodnotu z maximálnej

ťahovej sily  $F_{rmax}$  rovnej asi 60 % z hmotnosti traktora  $m$ , môžeme určiť prípustnú veľkosť vplyvu zotrvačných účinkov nerovnomerného pohybu skúšaného traktora i spomalenie  $a$ :

$$a(m + \frac{I_1}{r_1^2} + \frac{I_{2r}}{r_2^2(1-\delta)}) = \Delta F_{td} \leq \frac{1 \cdot 0,6 \cdot m \cdot g}{100} - \frac{0,4 \cdot F_d}{100} \quad (9)$$

Experimentálne výsledky viacerých autorov potvrdzujú závislosti medzi momentom zotrvačnosti redukovaných hmôt na osi hnacích kolies  $I_{2r}$  a hmotnosťou vozidla  $m$ , resp. medzi hmotnosťou vozidla a účinkami jeho nerovnomerného pohybu. Moment zotrvačnosti malých predných kolies traktorov 4k2 pre jazdné rýchlosti a spomalenie pri ťahových skúškach môžeme zanedbať. Pre jazdné rýchlosti traktorov v oblasti maximálneho ťahového výkonu s mechanickou prevodovkou odporúča literatúra vziať do úvahy redukovaný moment zotrvačnosti do osi hnacích kolies  $I_{2r}$  odpovedajúci trojnásobku hmotnosti traktora (3  $m$ ). Pri priamom zábere prevodovky – pri najvyššej dopravnej rýchlosti traktora – sa odporúčajú hodnoty (1,5–1,2)  $m$ . Ak uvažujeme pri zatažovaní skúšaného traktora (napr. Zetor 9520 s hmotnosťou  $m = 4990$  kg) preklz do 15 % na betóne, musíme použiť snímač sily do  $F_d = 100$  kN. Prípustné spomalenie určíme hodnotou  $a \leq 0,0112$  m.s<sup>-2</sup>, v zmysle už uvedených predpokladov a úpravou vzťahu (9):

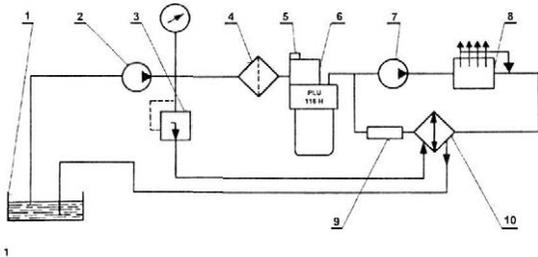
$$a(1 + 0 + \frac{3}{1 - 0,15}) = \frac{\Delta F_{td}}{m} \leq 0,01 \cdot 0,6 \cdot g - 0,004 \frac{F_d}{m} \quad (10)$$

Z prípustného spomalenia si môžeme určiť dĺžku dráhy, resp. čas plynulého programovaného zatažovania skúšaného traktora z maximálnej rýchlosti na danom prevodovom stupni až po jeho úplné zastavenie. Je to

I. Presnosti meraných veličín požadované normami a zabezpečené voľbou snímačov – Precision of the measured quantities as required by current standards and as ensured by the selection of sensors

Meraná veličina <sup>1</sup>	Kód OECD	ISO 789-9	ČSN 30 0415	Použitý refazec <sup>2</sup>
Ťahová sila <sup>3</sup>	±1,0 %	±1,0 %	±1,0 %	±0,4 %
Jazdná rýchlosť <sup>4</sup>	±0,5 %	±1,0 %	±0,5 %	±0,2 %
Dráha <sup>5</sup>	±0,5 %	±0,5 %	±0,5 %	±0,2 %
Čas <sup>6</sup>	±0,5 %	±0,5 %	±0,5 %	±0,2 %
Hmotnosť <sup>7</sup>	±0,5 %	±0,5 %	±0,5 %	±0,4 %
Otáčky <sup>8</sup>	±0,5 %	±0,5 %	±0,5 %	±0,3 %
Spotreba paliva <sup>9</sup>	±1,0 %	±2,0 %	±2,0 %	±0,5 %
Teplota – paliva	±2 °C	±2 °C	±2 °C	±0,5 %
– oleja	±2 °C	±2 °C	±2 °C	±0,5 %
– chladiacej kvapaliny	±2 °C	±2 °C	±2 °C	±0,5 %
– vzduchu <sup>10</sup>	±2 °C	±0,5 %	±0,5 %	±0,5 %
Tlak – atmosferický	±0,2 kPa	±0,133 kPa	±0,2 kPa	±0,1 kPa
– v hydraulickom zariadení	±2,0 %	±2,0 %	±2,0 %	±2,0 %
– v pneumatikách <sup>11</sup>	±5,0 %	–	±5,0 %	±2,5 %

<sup>1</sup>measured quantity, <sup>2</sup>measuring chain used, <sup>3</sup>tractive force, <sup>4</sup>ground speed, <sup>5</sup>track, <sup>6</sup>time, <sup>7</sup>weight, <sup>8</sup>revolutions, <sup>9</sup>fuel consumption, <sup>10</sup>temperature – fuel, oil, cooling fluid, air, <sup>11</sup>pressure – atmospheric, hydraulic, in tyres



8. Schéma zapojenia prietokomera – Circuit diagram of flowmeter

- 1 – palivová nádrž – fuel tank
- 2 – nízko tlakové čerpadlo – low pressure pump
- 3 – tlakový regulátor – pressure governor
- 4 – predčistič – prefilter
- 5 – odplynovací prípoj – degasification connection
- 6 – prietokomer s odlučovačom plynov – flowmeter
- 7 – dopravné čerpadlo – carnage pump
- 8 – vstrekovacie čerpadlo – fuel injection pump
- 9 – prierez spätného toku – reverse flow
- 10 – optovázobný člen – heat exchanger

malá hodnota dovoleného spomalenia  $a$ . Napriek vysokej presnosti použitého meracieho reťazca ťahovej sily však bez počítačom riadeného zaťažovania jeho dodržanie nie je reálne. Urychlenie ťahových skúšok bez programovaného zaťažovania alebo pri jeho poruche si vyžaduje korigovať nameranú ťahovú silu v zmysle vzťahu (6) pri samotnom vyhodnocovaní záznamov merania počítačom. Je účelné, aby táto korekcia bola priamo súčasťou programu a zo záznamu okamžitých rýchlostí bolo možné definovať vplyv zotrvačných hmôt pomocou vypočítaného zrýchlenia.

Merací systém uvádzaný v tejto práci umožňuje urýchlenie ťahových skúšok aj bez programovaného zaťažovacieho systému dynamometrického vozidla a bez korekcie zotrvačných účinkov, ak im metodicky zabránime. O niečo menšie urýchlenie ťahových skúšok sa dá dosiahnuť v uvedených prípadoch postupným stupňovitým zaťažovaním. Skúmané veličiny meriame až po ustálení danej hladiny zaťaženia skúšaného traktora a po ich odmeraní zaťaženie zvýšime. Po ustálení meriame postupne režim vyššieho a vyššieho stupňa zaťaženia prakticky pri rovnomernom pohybe a nie je potrebná korekcia na zotrvačné účinky skúšaného traktora.

Osobitnú pozornosť si vyžiadalo zapojenie prietokomera do palivového systému traktora (obr. 8) bez narušenia jeho pôvodných funkcií, najmä však preto, aby kondicionovanie paliva vzhľadom na teplotu, tlak a voľnosť plynových bublín zodpovedalo pôvodným jazdným podmienkam. Odber paliva z nádrže traktora je cez predčerpadlo (2) a tlakový regulátor (3) k dopravnému čerpadlu traktora (7), ktoré dodáva palivo do vstrekovacieho čerpadla (8). Spätný tok je privedený opäť do systému cez výmenník tepla ochladzovaným palivom z nádrže. Tlakový regulátor (3) má dve funkcie: zabezpečuje tlakový spád k dopravnému čerpadlu traktora (aby spätý tok bol privedený do systému) a zabezpečuje aj určité chladiace množstvo paliva pre vý-

menník tepla. Týmto sa dosiahli pôvodné pracovné podmienky bez spätnej väzby.

Snímače a meracie reťazce ostatných parametrov skúšaného traktora umožňujúce meranie okamžitých hodnôt príslušných veličín s presnosťou vymedzenou normou nedeterminujú iným spôsobom metodiku samotných skúšok. Technická úroveň meracích reťazcov všetkých veličín (meraných pri ťahových skúškach) ako aj program riadiaceho počítača však významne ovplyvňuje nielen technickú pripravenosť, ale aj celkovú produktivitu skúšok, počnúc kalibráciou až po spracovanie meracích protokolov.

## LITERATÚRA

- Grečenko A. (1978): Měření ťahových vlastností terénních vozidel – měřené veličiny. Zeměd. Techn., 24 (11), 643–660.
- Grečenko A. (1980): Urychlená měření ťahových vlastností terénních vozidel – techniky měření. Zeměd. Techn., 26 (11), 643–664.
- Semetko J. (1985): Technika krátkodobého merania na traktorech a ich súpravách. Zeměd. Techn., 31 (8), 493–512.
- Semetko J., Janoško I. (1993): Urychlené ťahové skúšky s počítačom. Zeměd. Techn., 39 (1), 17–28.
- Semetko J., Janoško I., Barda L., Pernis P. (1996): Dynamometrické vozidlo pre skúšanie traktorov. Zeměd. Techn., 42 (4), 127–130.
- OECD Standard codes for the official testing of agricultural tractors. Head of Publications Service OECD 2, Paris 1988, 241 s.
- ISO 789-9: Agricultural tractors – Test procedures. 1990. ČSN 30 0415.
- STN ISO 789-9 (1996). Poľnohospodárske traktory – skúšanie.

Došlo 19. 5. 1999

## Kontaktná adresa:

Prof. Ing. Jozef Semetko, DrSc., Slovenská poľnohospodárska univerzita, Kalvária 3, 949 76 Nitra, Slovenská republika, tel. +421 87 51 30 60, fax: +421 87 41 70 03, e-mail: semetko@uniag.sk

## ÚSTAV ZEMĚDĚLSKÝCH A POTRAVINÁŘSKÝCH INFORMACÍ

Ústřední zemědělská a lesnická knihovna (ÚZLK)

Slezská 7, 120 56 Praha 2, tel.: 02/24 25 79 39, fax: 02/24 25 39 38

---

Máte zájem o pravidelné sledování nejčerstvějších informací ze zahraničních odborných časopisů?

Tento požadavek Vám rádi splníme, objednáte-li si naši informační reprografickou službu „**Obsahy zahraničních časopisů**“ a články typu „**Current Contents**“.

Vyberete-li si z každoročně aktualizovaného **Seznamu časopisů objednaných do fondu ÚZLK** sledování nejzajímavějších časopisů z Vašeho oboru, zašleme Vám nejprve kopie obsahů nejčerstvějších čísel časopisů a na základě výběru kopie požadovaných článků.

Chtěli bychom Vás také upozornit na další reprografickou službu ÚZLK, a to na poskytování kopií článků z knih a časopisů, které jsou ve fondu ÚZLK. Požadavky na tyto kopie můžete uplatňovat v průběhu celého roku na formulářích „Objednávka reprografické práce“, které si můžete objednat v Technickém ústředí knihoven, Solniční 12, 601 74 Brno, pod katalog. č. TÚK 138-0.

Veškeré další informace a objednávky na reprografické služby včetně Vašich připomínek Vám poskytneme na adrese:

Ústřední zemědělská a lesnická knihovna – ÚZPI

Odd. reproslužeb

Slezská 7, 120 56 Praha 2

Poštovní schránka 39

Telefonické dotazy: 02/24 25 79 39, linka 329, 421 nebo 306

# PRACTICAL EXPERIENCE IN USING BIODEGRADABLE FILLINGS IN ZETOR TRACTORS

## PRAKTICKÉ ZKUŠENOSTI S BIOLOGICKY ODBOURATELNÝMI NÁPLNĚMI NA TRAKTORECH ZETOR

M. Fajman, J. Ondráček

*Mendel University of Agriculture and Forestry, Brno, Czech Republic*

**ABSTRACT:** This contribution summarizes more than three years of operational monitoring of tractor Z 105 40 with biodegradable operational fillings. MERO and mixed biofuel were tested as a fuel, oils from the firm FUCHS OIL CZ were used as lubricants and fillings of the hydraulic system of tractor. After more than 4000 Mh of operation like a biotractor no significant failure with relationship to these fillings was noticed. Having measured the main dimensions in individual assemblies, we found the wearing was normal. Knowing these experience we can say that results are positive. Discussion about economic evaluation is added.

tractor; operational testing; biodegradable filling; biofuel; biooil

**ABSTRAKT:** V tomto příspěvku shrnujeme výsledky více než tříletých zkušebností s provozem traktoru Zetor UŘ III Z 105 40 s biologicky odbouratelnými provozními hmotami. Traktor odpracoval jako "biotraktor" více než 4000 Mh. Jako palivo bylo používáno MERO a směsná bionafta MYRA-DIESEL. Při kontrolních měřeních jsme dosáhli nárůstu spotřeby paliva u MERO o více než 12 %, zatímco u bionafty MYRA-DIESEL to bylo pouze o 5 % a navíc je tento nárůst kompenzován nižší cenou. V souvislosti s palivem je na základě našeho sledování doporučeno pouze zaměnit standardní těsnění v palivovém systému, zejména v palivovém čerpadle, za výrobcem doporučené náhrady odolávající biopalivu. Další zásahy do palivového systému nejsou nutné. Sledované oleje firmy FUCHS OIL CZ, motorový PLANTOMOT 5W-40 i převodový PLANTO HYTRAC SAE 80W, plně vyhověly všem požadavkům na stabilitu a podle výsledků kontrolních měření sledovaných rozměrů splňují i požadované vlastnosti tribotechnické. Převodový olej spolehlivě pracoval i jako hydraulické medium. Ekonomické hodnocení je vzhledem k variabilitě cen vyjádřeno pouze relativně.

traktor; provozní hodnocení; biologicky odbouratelné náplně; biopalivo; bioolej

### INTRODUCTION

Water and soil contamination by crude oil products is one of serious contemporary ecological problems. Operation of tractors in agriculture contributes to these ones. Therefore the test had to verify, under which conditions fillings in tractors (fuels, motor, gearbox and hydraulic oils, lubrication means and cooling fluids) can be replaced with such alternatives, which limit the risks of crude oil derivatives for the environment. Alternative fillings should be better degradable than crude oil products, because possible leakage of operational fillings of mobile means in agriculture (and generally) cannot be prevented.

A different origin of these substitutes gives them different characteristics, which successively influence operational conditions. E.g. the influence on the power or on the fuel consumption when using biofuels instead of diesel in short testing time are well known. The main interest of the testing was a monitoring of long term

using of alternative fuels, biodegradable engine and gear oils in the Z 10540 tractor.

The testing was enabled with contribution of the NAZV agency and the tractor for testing was lent by Zetor a.s. factory.

### MATERIAL AND METHODS

After the successful biodegradable oil laboratory testing the tractor Z 10540 Nr. 65 was utilized in the agricultural company Statek Břežany s.r.o. This tractor type was chosen, because it is equipped with a turbo charged engine with intercooler, what represents severe conditions for the engine oil. If a biodegradable oil can stand these conditions this will recommend this kind of oil also to other engines in this range.

Following kinds of fillings were used during the more than three years lasting testing period:

## 1. Fuel

- a) rape-seed oil methylesther (MERO) from MILO Olomouc
- b) MYRA-DIESEL from EKORONA Chrudim – so-called biofuel of "second generation".

This is a mixture of MERO, diesel, easy degradable hydrocarbons and additives, which fully meets the requirements of the Law 587/1992 Sb. and successive rules. It has a status of biofuel, because it can biologically degrade at least by 90% in 21 days (Kolektiv, 1998).

2. Engine oil – PLANTOMOT 5W-40
3. Gear box and hydraulic oil – PLANTO HYTRAC SAE 80W
4. Oil for servosteering – PLANTOHYD 40A
5. Plastic grease – PLANTOGEL 0120S

All oil fillings and greases are from the firm FUCHS OIL CZ.

6. Cooling fluid – Fridex EKO

The methodology of this monitoring was developed commonly by VVZ/VVZT Zetor and UZT MZLU Brno (Ondráček, 1996). It prescribes the interval of testing has to be longer than 3000 Mh (operational hours) in three years, intervals of taking away samples of fillings for further analyses and intervals of the engine power control testing for finding developing changes due to using biofuel and alternative oils as well. The methodology supposes that the tractor is equipped with an operational clock. The staff has to write down the time of operation, the used implement, the amount of added fillings, any maintenance intervention and the failure or needed mending if occurs.

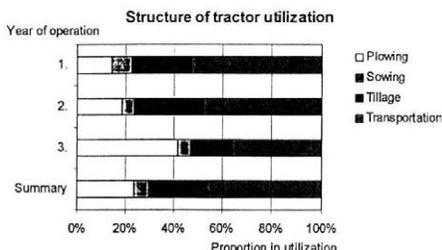
This methodology is archived in UZT MZLU Brno and in VVZ/VVZT Zetor a.s. Brno.

Until the end of this project (November 1998) the tractor worked for 4968 Mh. The testing started in October 1995, till its 600 Mh there were used "classical" fillings (diesel, mineral oils) for running-in the tractor. After 600 operating hours the oil fillings were replaced by biodegradable oils, which successfully passed laboratory testing. After 800 Mh MERO was utilized as a fuel. At this time the tractor could operate as a "biotractor". This fuel was in use for more than one year and the tractor passed through 1898 Mh with this fuel. Then MYRA-DIESEL was used as a fuel till the end of the testing (Fajman, Ondráček, 1998).

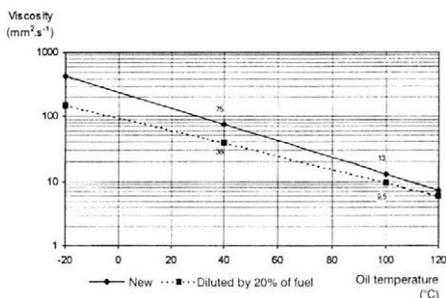
It has to be admitted that the structure of this "biotractor" utilization (Fig. 1) is not typical for an agricultural tractor, because the amount of transportation work is relatively high, but as explained in the next chapter, it constitutes convenient conditions for this kind of testing.

## RESULTS

At first differences in the power and the fuel consumption when using different fuels instead of diesel were found. We have achieved the power decrease by



1. Structure of the tractor utilization within the three years testing and in a summary



2. Comparison of viscosity to the temperature dependencies of new and diluted oil

about 7% when using MERO and by about 2% with MYRA-DIESEL. The more marked difference was found in the fuel consumption. It was increased more then by 12% for MERO but only by 5% for MYRA-DIESEL. These facts mean increasing of operational costs, which should be compensated by the price of such alternative fuel.

Another parameter, which can strongly influence operational costs, is a dilution of the engine oil. When using MERO especially in cold conditions, under low load like the transportation work, the dilution of engine oil several times achieved limit of 20%. It meant to cut the oil changing interval. This property of MERO is known, but often is not calculated in budgets. In case of MYRA-DIESEL utilization there was no problem during all the period (including two winters, when the tractor worked mostly on the road). Testing of dilution samples in a laboratory even meant improving of viscosity properties in cold conditions of the engine oil work (starting the engine in winter) while SAE specification 40 is not influenced so much (Fig. 2). The characteristic line is less steep than that of the new oil. This improves the viscosity index of engine oil.

As for oil fillings during the testing only laboratory analyses of oil samples were used to find the actual condition of individual assemblies. This testing aimed in finding the changes of the oil itself and the element

analysis could explain the situation of assemblies. Several times important parts were taken apart to measure function dimensions for wear control: the engine at the end of testing, gearbox two times after 2750 Mh and than after 4400 Mh of operation. The wear was corresponding to normal conditions when using standard lubricants.

During the whole time of testing there was no failure with relationship to using biofuels or biodegradable oils.

Only the oil PLANTOHYD 40A was replaced with PLANTO HYTRAC SAE 80W because of the low stability of its parameters. PLANTO HYTRAC SAE 80W is the fully synthetic biologically degradable oil for transmission systems and hydraulic circuits, whereas the PLANTOHYD base is natural. This change contributed to simplicity of the maintenance of the tractor without any influence to operational parameters.

## DISCUSSION

The obtained results and more than three years experience justifies the opinion that there are not severe technical problems, which could prevent common utilization of such kind of alternative fillings in Zetor tractors when needed. No severe failure was noticed which could be influenced by alternative fillings. On the other hand there can be higher demands on the maintenance, especially when using biofuels with higher amount of MERO. This aggressive substance can accelerate the deterioration of packing and rubber hoses in the fuel system. Thus the producer recommends and offers to use a special packing. When using original packing frequent controls are needed to prevent leakage. In this case the regime of the engine is also important due to the dilution of the engine oil, but our results prove, that the proportion of about 30% of MERO in a mixed fuel presented no problems.

Further results were obtained when discussing the economic evaluation of the operation with alternative fillings. In the case of MERO the increasing of fuel costs was not compensated by the price of this fuel (higher consumption makes the price even higher; so totally costs are increased more than by 25%). Further the disadvantage more frequent engine oil changing has to be considered and consequently increasing operational costs. That's why this biofuel was replaced with "biofuel of second generation" not only in the testing, but also in the general offer. In this balance considering the MYRA-DIESEL modest operational costs can be acceptable due to the price of this fuel for common use. Moreover additional costs need not be considered because of the dilution of the engine oil.

As for lubricants, it can be stated that tested oils fully met the requirements. The recommendation is to conserve original intervals of oil changing. On the other hand when comparing the price of biodegradable oils to "classical" oils, the price increase is more than

by 200%. Because of that there should be some refund, when the owner of mobile mean utilizes this kind of lubricants or fuels (Ondráček, 1999).

We don't publish strict prices data and the number 200% has only an orientation value, because there are big differences in prices around our country. The price has changed quickly during the time, and more the price heavily depends on amount of one delivery dose.

## CONCLUSION

The final recommendations resulting from this testing for the producer Zetor a.s. and for the owners of Zetor tractors respect all findings described above. For using alternative fuels that have to correspond to the ČSN 65 6508 standard it is recommended to replace standard packing in the fuel system and especially in the injection pump with the fuel proof ones. No additional adjustments of engine are needed. After the first 25 to 50 Mh of the alternative fuel operation a control of the fuel filters is required. Replacement of standard diesel is however allowed after running in (the interval has to be checked in the owner's manual).

As for oil fillings both oils that were used at the end of testing PLANTOMOT 5W-40 (the engine oil) and PLANTO HYTRAC SAE 80W (the oil for gear box, the hydraulic system and servosteering) are recommended as acceptable substitutes of the crude oil derivatives. When changing original oil fillings it is necessary to control oil filters after the first 20 Mh of an substitute operation.

Using of biodegradable fluids like operational fillings in transportation means, especially in agricultural tractors is still an unsolved problem in our country as well as in the whole Europe. Results of our testing proved that there are no significant technical barriers for a wide application of such kind of fluids. The problems are not on the technical side. The economic, legislative, monetary and ecologic policy should be the prime solver of these problems. We are witnesses of different solutions of finding the right proportion between using crude oil derivatives, farming policy and policy of transformation and exploitation of agricultural products and their back usage in agricultural like energy sources. It wasn't the sense of this thinking over to show the only way, but it contributes to the opinions of the moderate using of alternative fillings in areas, where it seems profitable.

## REFERENCES

Fajman M., Ondráček J. (1998): Průběžné výsledky provozního sledování traktoru s bionáplněmi. In: Zbor. I. Mezinárodní věd. konferencie mladých. Nitra, Slovenská poľnohospodárska univerzita.

Kolektiv (1998): Požadavky na kvalitu motorového paliva na bázi methylesterů řepkového oleje. In: Vybrané podklady k semináři TECHAGRO '98. Praha, Sdružení pro výrobu bionafty.  
Ondráček J. (1996): Vliv bionáplní traktorových souprav na jejich technicko-ekonomické parametry. [Metodika projektu č. j. EP0960986196.] Brno, ÚZT MZLU.

Ondráček J. (1999): Vliv bionáplní traktorových souprav na jejich technicko-ekonomické parametry. [Příloha k závěrečné zprávě projektu NAZV č.j. EP0960986196.] Brno, ÚZT MZLU.  
ČSN 65 6508.

Received on May 19, 1999

---

*Contact Address:*

Ing. Martin Fajman, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika, tel., fax.: +420 5 45 13 29 21, email: fajman@mendelu.cz

---

Bajla J., Hrubý D.: Penetrometrické merania – účelná metóda na monitorovanie stavu pôdy Penetrometric measurements – an objective method for soil state monitoring .....	87
Fajman M., Ondráček J.: Practical experience in using biodegradable fillings in Zetor tractors Praktické zkušenosti s biologicky odbouratelnými náplněmi na traktorech Zetor .....	155
Hlaváčová Z.: Niektoré elektrické vlastnosti semien laskavca Some electrical properties of Amaranthus seeds .....	99
Horáček J., Ledvína R., Stach J., Šabatka J., Raus A.: Posouzení fyzikálních vlastností půdy při klasické a bezorebné technologii pěstování brambor Assessment of physical soil properties as related to classical and no-plough systems of potato growing .....	81
Jech J., Žitňák M., Ružbarský J.: Doprava cukrovej repy Transportation of sugar beet .....	105
Jelínek A., Češpíva M., Plíva P.: Zjišťování emisí amoniaku ze zemědělské činnosti Monitoring of ammonia emissions from farming activities .....	19
Karas I., Lobotka J.: Vplyv polohy mliekovodného potrubia a dĺžky ceckov na tlakové pomery a charakteristiku dojacej jednotky The influence of the position of the milk pipeline and the teat length of cows on pressure ratios and characteristics of the milking unit .....	43
Marko J.: Aplikácia interaktívneho výpočtového systému mechaniky kontinua pri pevnostnej analýze noža rezného mechanizmu The application of interactive computing system of mechanics of continuum at tenacity analysis of cutting mechanism knife .....	15
Marko J.: Geometria nástroja rezného mechanizmu Geometry of cutting tool .....	113
Musil J., Lobotka J., Hájek P., Groda B., Mareček J.: Bionic analysis of a small pasteurizer Bionická analýza malého pasteračného zariadení .....	123
Nozdrovický L., Halaj P.: Porovnanie metód merania infiltračnej schopnosti pôdy a analýza ich vzájomného vzťahu Comparison of methods for measuring of soil infiltration and analysis of their relation .....	73
Páltik J., Porubský J.: Utláčanie pôdy výsevnou jednotkou pri sejbe cukrovej repy Soil compaction due to sugar beet sowing units .....	95
Petranský I., Drabant Š., Tkáč Z., Ďurák M., Kročko V.: Temperature regimes in the transmission and hydraulic systems of the ZTS 161 45 tractor from the point of view of the possibility of biodegradable oil application Teplotné režimy v prevodovom a hydraulickom systéme traktora ZTS 161 45 z pohľadu použitia biologicky odbúrateľných kvapalín na báze rastlinných olejov .....	67
Polák M., Poničan J., Jech J., Angelovič M.: Comparison of cultivating root vegetables in soil prepared by the classical method and in ridges Porovnanie pestovania koreňovej zeleniny na pôde pripravenej klasickým spôsobom a v hrobliach .....	1
Sedlák P., Bauer F.: Měření energetické náročnosti rotačního žacího stroje s kondicionerem Measurements of power requirements of a rotary mower with conditioner .....	133
Semetko J., Janoško I., Barda L., Hanzlík V., Pernis P.: Merací systém dynamometrického vozidla Measuring system of dynamometric vehicle .....	147
Semetko J., Janoško I., Barda L., Pernis P.: Ovládanie a riadenie dynamometrického vozidla Dynamometric vehicle management .....	61
Sychra L., Mareček J.: Optimizing the process of drying potatoes in the drying plant Proctor & Schwartz Optimalizace procesu sušení brambor v sušárně Proctor & Schwartz .....	29

Šesták J., Rědl J., Pršán J.: An effect of elastic properties of tires on a lateral stability of vehicle Vplyv pružných vlastností pneumatík na bočnú stabilitu vozidla .....	49
Štencel J., Homola P., Sladký V.: Proposal of a new method of control of the near ambient air drying process of forage in a deep layer in real time Návrh novej metódy riadenia procesu sušenia píce vo vysoké vrstvách netemperovaným vzduchom v reálnom čase .....	37
Tolnai R., Čičo P.: Vzťah drsnosti abrazívne opotrebených povrchov k otuvrzdornosti kovových materiálov Relationship of roughness of abrasively worn out surfaces to abrasive resistance of metal materials .....	57
Trunečka K.: Úpravy dávkovače granulovaných pesticídů a výsledky zkoušek stálosti a rovnoměrnosti dávkování Adjustments of a metering device of granular pesticides and results of metering stability and uniformity tests .....	139
Vitáček I.: The method of determination of drying ability by mean of <i>i-x-w</i> diagram of wet air and wet material Metóda určenia potenciálu sušenia pomocou <i>i-x-w</i> diagramu vlhkého vzduchu a vlhkého materiálu .....	53
Vitáček I., Havelka J., Petranský I.: Drying process with optimal energy consumption Proces sušenia s optimálnou spotrebou energie .....	129
Žigová A.: Vliv terasování svahů na fyzikální vlastnosti skořicových půd v Kirgizii Impact of terracing on physical properties of cinnamonic soils in Kirghizia .....	9
<b>ÚVODNÍK</b>	
Lobotka J.: 30 rokov Mechanizačnej fakulty Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre .....	41
Marešová K., Mareček J.: Technika pro konkurenceschopné zemědělství a potravinářství .....	121
<b>INFORMACE</b>	
Grman I.: Základné informácie o Mechanizačnej fakulte Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre .....	48
Mareček J.: Doktorské disertační práce obhájené na oborech Provoz techniky a Odpadové hospodářství Agronomické fakulty Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně v letech 1994 až 1999 .....	146
Mareček J.: Obory studijních programů akreditovaných an Agronomické fakultě Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně .....	132
Mareček J.: Přehled výzkumných projektů řešených na oboru Provoz techniky Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity .....	138
Opáth R.: Informácie o štúdiu na Mechanizačnej fakulte Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre .....	56
Petranský I.: Informácia o vydaných monografiách Mechanizačnej fakulty Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre .....	80
Petranský I.: Přehľad riešených výskumných projektov na Mechanizačnej fakulte Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre .....	72
<b>ŽIVOTNÍ JUBILEA</b>	
K životnému jubileu prof. Ing. Jána Jecha, PhD. ....	28
Prof. Ing. Ivan Petranský, DrSc.: Životné jubileum prof. Ing. Jozefa Lobotku, DrSc. ....	42
<b>NEKROLOG</b>	
Pawlicia R.: Za doc. Ing. Josefem Malešem, DrSc. ....	120

## INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

Original scientific papers, short communications, and selectively reviews, that means papers based on the study of technical literature and reviewing recent knowledge in the given field, are published in this journal. Published papers are in Czech, Slovak or English. Each manuscript must contain a short and a longer summary (including key words).

The author is fully responsible for the originality of his paper, for its subject and formal correctness. The author shall make a written declaration that his paper has not been published in any other information source.

The board of editors of this journal will decide on paper publication, with respect to expert opinions, scientific importance, contribution and quality of the paper.

The paper extent shall not exceed 15 typescript pages, including tables, figures and graphs.

**Manuscript layout:** quarto, 30 lines per page, 60 strokes per line, double-spaced typescript. A PC diskette should be provided with the paper and graphical documentation, Tables, figures and photos shall be enclosed separately. The text must contain references to all these annexes.

If any abbreviation is used in the paper, it is necessary to mention its full form at least once to avoid misunderstanding. The abbreviations should not be used in the title of the paper nor in the summary.

The title of the paper shall not exceed 85 strokes. Subtitles of the papers are not allowed either.

**Abstract** is an information selection of the subject and conclusions of the paper, it is not a mere description of the paper. It must present all substantial information contained in the paper. It shall not exceed 170 words. It shall be written in full sentences, not in form of keynotes, and comprise basic numerical data including statistical data. It must contain key words. It should be submitted in English and if possible also in Czech or Slovak.

**Introduction** has to present the main reasons why the study was conducted, and the circumstances of the studied problems should be described in a very brief form.

**Review of literature** should be a short section, containing only literary citations with close relation to the treated problem.

Only original method shall be described, in other cases it is sufficient enough to cite the author of the used method and to mention modifications of this method. This section shall also contain a description of experimental material.

In the section **Results** figures and graphs should be used rather than tables for presentation of quantitative values. A statistical analysis of recorded values should be summarized in tables. This section should not contain either theoretical conclusions or deductions, but only factual data should be presented here.

**Discussion** contains an evaluation of the study, potential shortcomings are discussed, and the results of the study are confronted with previously published results (only those authors whose studies are in closer relation with the published paper should be cited). The sections Results and Discussion may be presented as one section only.

The section **References** should preferably contain reviewed periodicals. The citations are arranged alphabetically according to the surname of the first author. References in the text to these citations comprise the author's name and year of publication. Only the papers cited in the text of the study shall be included in the list of references. All citations shall be referred to in the text of the paper.

The author shall give his full name (and the names of other collaborators), academic, scientific and pedagogic titles, full address of his workplace and postal code, telephone and fax number or e-mail.

**The manuscript will not be accepted to be filed by the editorial office if its formal layout does not comply with the instructions for authors.**

## POKYNY PRO AUTORY

Časopis uveřejňuje původní vědecké práce, krátká sdělení a výběrově i přehledné referáty, tzn. práce, jejichž podkladem je studium literatury a které shrnují nejnovější poznatky v dané oblasti. Práce jsou uveřejňovány v češtině, slovenštině nebo angličtině. Rukopisy musí být doplněny krátkým a rozšířeným souhrnem (včetně klíčových slov).

Autor je plně odpovědný za původnost práce a za její věcnou i formální správnost. K práci musí být přiloženo prohlášení autora o tom, že práce nebyla publikována jinde.

O uveřejnění práce rozhoduje redakční rada časopisu, a to se zřetelem k lektorským posudkům, vědeckému významu a přínosu a kvalitě práce.

Rozsah vědeckých prací nesmí přesáhnout 15 strojopisných stran včetně tabulek, obrázků a grafů. V práci je nutné používat jednotky odpovídající soustavě měrových jednotek SI (ČSN 01 1300).

**Vlastní úprava rukopisu:** formát A4, 30 řádek na stránku, 60 úhozů na řádku, mezi řádky dvojitě mezery. K rukopisu je třeba přiložit disketu s prací pořízenou na PC a s grafickou dokumentací. Tabulky, grafy a fotografie se dodávají zvlášť, nepodlepují se. Na všechny přílohy musí být odkazy v textu.

Pokud autor používá v práci zkratky jakéhokoliv druhu, je nutné, aby byly alespoň jednou vysvětleny (vypsány), aby se předešlo omylům. V názvu práce a v souhrnu je vhodné zkratky nepoužívat.

**Název práce (titul)** nemá přesáhnout 85 úhozů. Jsou vyloučeny podtitulky článků.

**Krátký souhrn (Abstrakt)** je informačním výběrem obsahu a závěru článku, nikoliv však jeho pouhým popisem. Musí vyjádřit všechno podstatné, co je obsaženo ve vědecké práci, a má obsahovat základní číselné údaje včetně statistických hodnot. Musí obsahovat klíčová slova. Nemá překročit rozsah 170 slov. Je třeba, aby byl napsán celými větami, nikoliv heslovitě. Je uveřejňován a měl by být dodán ve stejném jazyce jako vědecká práce.

**Rozšířený souhrn (Abstract)** je uveřejňován v angličtině, měly by v něm být v rozsahu cca 1–2 strojopisných stran komentovány výsledky práce a uvedeny odkazy na tabulky a obrázky, popř. na nejdůležitější literární citace. Je vhodné jej (včetně názvu práce a klíčových slov) dodat v angličtině, popř. v češtině či slovenštině jako podklad pro překlad do angličtiny.

**Úvod** má obsahovat hlavní důvody, proč byla práce realizována, a velmi stručnou formou má být popsán stav studované otázky.

**Literární přehled** má být krátký, je třeba uvádět pouze citace mající úzký vztah k problému.

**Metoda** se popisuje pouze tehdy, je-li původní, jinak postačuje citovat autora metody a uvádět jen případné odchylky. Ve stejné kapitole se popisuje také pokusný materiál.

**Výsledky** – při jejich popisu se k vyjádření kvantitativních hodnot dává přednost grafům před tabulkami. V tabulkách je třeba shrnout statistické hodnocení naměřených hodnot. Tato část by neměla obsahovat teoretické závěry ani dedukce, ale pouze faktické nálezy.

**Diskuse** obsahuje zhodnocení práce, diskutuje se o možných nedostatcích a práce se konfrontuje s výsledky dříve publikovanými (požaduje se citovat jen ty autory, jejichž práce mají k publikované práci bližší vztah). Je přípustné spojení v jednu kapitolu spolu s výsledky.

**Literatura** by měla sestávat hlavně z lektorovaných periodik. Citace se řadí abecedně podle jména prvních autorů. Odkazy na literaturu v textu uvádějí jméno autora a rok vydání. Do seznamu se zařadí jen práce citované v textu. Na práce v seznamu literatury musí být odkaz v textu.

Na zvláštním listě uvádí autor plné jméno (i spoluautorů), akademické, vědecké a pedagogické tituly a podrobnou adresu pracoviště s PSČ, číslo telefonu a faxu, popř. e-mail.

**Rukopis nebude redakci přijat k evidenci, nebude-li po formální stránce odpovídat pokynům pro autory.**

## CONTENT

Musil J., Lobotka J., Hájek P., Groda B., Mareček J.: Bionic analysis of a small pasteurizer.....	123
Vitáček I., Havelka J., Petranský I.: Drying process with optimal energy consumption.....	129
Sedlák P., Bauer F.: Measurements of power requirements of a rotary mower with conditioner (in Czech)	133
Trunečka K.: Adjustments of a metering device of granular pesticides and results of metering stability and uniformity tests (in Czech) .....	139
Semetko J., Janoško I., Barda L., Hanzlík V., Pernis P.: Measuring system of dynamometric vehicle (in Slovak) .....	147
Fajman M., Ondráček J.: Practical experience in using biodegradable fillings in Zetor tractors.....	155

## OBSAH

Marešová K., Mareček J.: Technika pro konkurenceschopné zemědělství a potravinářství (úvodník)...	121
Musil J., Lobotka J., Hájek P., Groda B., Mareček J.: Bionická analýza malého pasteračního zařízení .....	123
Vitáček I., Havelka J., Petranský I.: Proces sušení s optimální spotřebou energie .....	129
Sedlák P., Bauer F.: Měření energetické náročnosti rotačního žacího stroje s kondicionerem .....	133
Trunečka K.: Úpravy dávkovače granulovaných pesticidů a výsledky zkoušek stálosti a rovnoměrnosti dávkování .....	139
Semetko J., Janoško I., Barda L., Hanzlík V., Pernis P.: Meračí systém dynamometrického vozidla .....	147
Fajman M., Ondráček J.: Praktické zkušenosti s biologicky odbouratelnými náplněmi na traktorech Zetor .....	155

## INFORMACE

Mareček J.: Obory studijních programů akreditovaných an Agronomické fakultě Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně.....	132
Mareček J.: Přehled výzkumných projektů řešených na oboru Provoz techniky Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity.....	138
Mareček J.: Doktorské disertační práce obhájené na oborech Provoz techniky a Odpadové hospodářství Agronomické fakulty Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně v letech 1994 až 1999.....	146

Vědecký časopis ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA ● Vydává Česká akademie zemědělských věd – Ústav zemědělských a potravinářských informací ● Redakce: Slezská 7, 120 56 Praha 2, tel.: 02/24 25 79 39, fax: 02/24 25 39 38 ● Sazba: Studio DOMINO – ing. Jakub Černý, Plzeňská 145, 266 01 Beroun, tel.: 0311/62 29 59 ● Tisk: ÚZPI Praha ● © Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha 1999