

ÚSTAV ZEMĚDĚLSKÝCH A POTRAVINÁŘSKÝCH INFORMACÍ

ČESKÁ INŽENÝŘSKÁ  
UNIVERSITA ZEMĚDĚLSTVÍ  
PRAHA  
1999  
17

# ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA

Agricultural Engineering

ČESKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÝCH VĚD

1

VOLUME 45  
PRAHA 1999  
ISSN 0044-3883

Mezinárodní vědecký časopis vydávaný z pověření Ministerstva zemědělství České republiky a pod gestí 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 předplatně 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).

# 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

M. Polák<sup>1</sup>, J. Poničan<sup>2</sup>, J. Jech<sup>2</sup>, M. Angelovič<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Slovak University of Agriculture, Department of Agricultural Economics, Košice, Slovak Republic

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

**ABSTRACT:** In this work, comparison of the results of planting root vegetables (carrot and parsley) using the classical method and in ridges, i.e. the Dutch method was made. Under field conditions, selected soil properties (penetrometric resistance, shear strength, structural composition of soil grains and soil moisture content) in relation to soil preparation and its influence on the physico-mechanical characteristics of root vegetables were measured. Field tests and economic evaluation of cultivating carrot and parsley by these methods were done in 1995, 1996, and 1997. The measured values of soil properties show a significant difference in soil structure tilled using the classical method with a 42-KON-600 combinator to a leveled plain and using the Rumpstad rotavator-ridger combination which creates a better condition for seed germination, growth and development than soils prepared with a combinator. The average yield of carrot cultivated with the classical method was 21.2 t·ha<sup>-1</sup> and 38.1 t·ha<sup>-1</sup> in ridges. There was a significant difference in the quality of produce. Carrots planted in heaps had a regular cylindrical shape, even surface without indents, bulges and cracks. The carrots were 17–20 cm long, dark redish-orange in colour, with a β-carotene content of 5–9 mg%. The economical evaluation of the produce showed the advantage of the technology in ridges as against planting with the classical method. The result was a profit of 150,000–180,000 SKK·ha<sup>-1</sup> (Slovak crowns per ha).

carrot; parsley; sowing; soil preparation; soil structure; yield; root dimensions

**ABSTRAKT:** V práci sú porovnané výsledky prevádzkových meraní pestovania koreňovej zeleniny klasickým spôsobom a v hrobliach tzv. holandským spôsobom. V poľných podmienkach boli sledované vybrané vlastnosti pôdy vo vzťahu k príprave pôdy a jej vplyvu na fyzikálno-mechanické vlastnosti koreňovej zeleniny. Boli vykonané prevádzkové merania a technicko-ekonomické zhodnotenie pestovania karotky a petržľenu pre uvedené spôsoby pestovania v rokoch 1995, 1996 a 1997 v Poľnohospodárskom družstve Raslavice v okrese Bardejov. Vybrané vlastnosti pôdy sme sledovali pred sejbou a pred zberom na pozemku (obr. 1) bez predsejbovej prípravy pôdy, na pozemku pripravenom kombinátorom a na pozemku pripravenom prekopávacou frézou FH 4 x 75 Rumpstad (obr. 2). Výsev bol urobený pneumatikou sejačkou Agricola SL-4A do pôdy pripravenej kombinátorom do hroblí pri medzirádkovej vzdialenosti 75 cm a vo vzdialenosti dvojriadkov 7 cm. Vlastnosti pôdy sme charakterizovali penetrometrickým odporom (MPa), ktorý sme merali na skúšobných pozemkoch ručným registračným penetrometrom, typ STS – Šumperk (obr. 4). Výsledky sú zobrazené na grafe (obr. 5). Šmykovú pevnosť pôdy (kPa) sme vo všetkých prípadoch merali vrtuľkovým prístrojom typu Pilcon-Edco (Anglicko). Výsledky sú zobrazené na grafe (obr. 6). Štruktúrny podiel zrnitosti pôdy sme stanovili po odbere pôdy na prístroji Analyssete 3 a výsledky sú graficky zobrazené na obr. 7. Objemovú hmotnosť pôdy a vlhkosť pôdy sme zisťovali štandardnou metódou založenou na použití Kopeckého fyzikálnych valčekov (tab. I). Namerané hodnoty vlastností pôdy dokumentujú výrazné rozdiely v jej štruktúre pri spracovaní kombinátorom a pôdnou frézou a potvrdzujú skutočnosť, že koreňová zelenina (karotka a petržleň) pestovaná v hrobliach pripravených pôdnou frézou má vytvorené lepšie podmienky pre vzhádzanie, rast a vývoj ako v pôde pripravenej kombinátorom. Potvrďujú to aj poľné pokusy, počas ktorých sme sledovali a vyhodnocovali fyzikálno-mechanické vlastnosti koreňov karotky (dĺžku koreňa – *l*, priemer koreňa pri hlave – *h* a pri konci – *k*, tvar koreňa a hmotnosť koreňov). Namerané hodnoty sú štatisticky spracované a graficky zobrazené na obr. 8 až 11. Ekonomické zhodnotenie pestovania karotky a petržľenu vychádza z celkového hodnotenia úrod v rokoch 1995, 1996 a 1997 (tab. III–VI) a z vizuálneho posúdenia kvality produkcie (tab. II). Priemerné úrody karotky vypestovanej klasickým spôsobom sú za sledované obdobie 21,2 t·ha<sup>-1</sup>, v hrobliach 38,1 t·ha<sup>-1</sup>. Výrazné rozdiely sú v kvalite produkcie. Karotka vypestovaná v hrobliach má pravidelný valcovitý tvar, hladký povrch bez zárezov a výstupkov. Dĺžka karotky je 17 až 20 cm, má tmavú oranžovo-červenú farbu s obsahom β karoténu 5 až 9 mg %. Ekonomické zhodnotenie produkcie dokumentuje výhody pestovateľskej technológie v hrobliach oproti pestovaniu klasickým spôsobom. Výsledkom je zisk 110 až 150 tis. SKK·ha<sup>-1</sup>.

mrkva; petržleň; sejba; príprava pôdy; štruktúra pôdy; úroda; rozmery koreňov

## INTRODUCTION

Under Slovak conditions, the cultivation of carrot and parsley is most widely spread. These crops are basically grown by the classical method. A new method (technology) of cultivating these types of vegetables has only started to be verified in Slovakia. This was the main reason why this work was done. Also, it is necessary to mention that there is a bad soil condition in the regions where these vegetables are grown.

According to Hraško, Bedrna (1988) and Bedrna (1989), the cultivation of root vegetables is dependent on the soil condition and cultivation region. According to Brčić (1983), Moser (1984) and Bajkin (1994), the decisive factor for carrot and parsley cultivation is the preparation for sowing small seeds at which the weight of 1,000 seeds is 0.8–25 g. The sowing of seeds to a leveled soil surface prepared by the classical method, with a combinator, does not always give a good condition for seed germination, growth and plant development. The size of soil aggregates, soil compaction and unfavourable structure create resistance, obstructs plant germination and deforms the root of plants. The root of carrot and parsley will become unevenly developed, rough, deformed with cracks and green colour on the head part.

On the other hand, cultivation of carrot and parsley with the dutch method in ridges created by the Rumpstad rotavator-ridger combination offers an ideal condition for germination, growth and plant development.

## METHOD

The aim of this work was to evaluate, under field conditions, the cultivation of root vegetables (carrot and parsley) on soil prepared by the classical method and in ridges, and also compare both methods of cultivation from the point of view of quality, quantity, production and despatching. Further, selected soil properties related to soil preparation (seedbed) were monitored and their effect on the physico-mechanical properties of root vegetables evaluated.

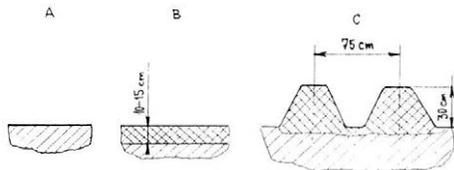
### METHOD OF PLANTING ROOT VEGETABLES

#### a) Classical technology of planting (technology A)

This technology consisted of basic soil preparation in the fall, which was done by deep tillage. In the spring, the land was harrowed and the seedbed created with a combinator. The depth of soil tillage was 10–15 cm.

#### b) Planting in ridges, i.e. Dutch method (technology B)

The fall soil preparation was done with the same technology. The spring soil preparation consisted of



1. Soil preparation variants

A – unprepared soil, B – combinator, C – Rumpstad rotavator-ridger combination



2. Soil preparation and creation of ridges with the Rumpstad rotavator-ridger combination

preparing the soilbed in heaps using a Rumpstad 4 x 75 FH rotavator-ridger combination concurrently creating ridges of trapezoidal shape (Fig. 1C, 2). The soil was tilled with hooks which were spread over the circumference of the rotor on holds with bushings. The hooks dug, loosened, but did not compact the soil. The depth of tillage was 30–35 cm.

## EXPERIMENTAL MEASUREMENTS

The measurements were done in the agricultural co-operative farm Raslavice in the years 1995–1997 in bad soil conditions. In the following periods, we measured:

- soil properties,
- quality index of sowing,
- physico-mechanical properties of carrot roots.

In the other years, 1996 and 1997, we measured mostly quantity, produce quality and the effectiveness of produce cultivation.

### Soil properties were characterized by:

- penetrometric resistance of soil (MPa),
- soil shear strength (kPa),
- soil particle size distribution (%),
- soil bulk density ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) and moisture content (%).

The soil penetrometric resistance was measured on selected spots in the field to be planted using the hand registering penetrometer, type STS Šumperk (Fig. 3):

- a) before sowing on the soil without soil tillage,
- b) before sowing on the soil prepared with the combinator (on level soil surface),
- c) before sowing on the soil prepared with the Rumpstad rotavator-ridger combination (on heaps),
- d) before harvesting on soil prepared with the combinator,
- e) before harvesting on soil prepared with the Rumpstad rotavator-ridger combination.

Soil shear strength was measured in all cases as indicated in (a) with the propelled equipment, type Pilcon – Edeco (England). The measurements were done according to the British norm, BS 1377, which corresponds to STN 72 1026.

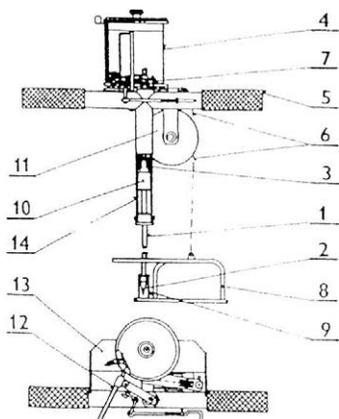
The structural analysis of the soil was done with the Analysette 3 equipment after collecting soil samples. Soil bulk density and moisture content were measured in all cases using the standard method based on Kopecky's physical cylinders.

The physical-mechanical properties of roots were characterised by:

- a) dimensional values
  - root length ( $l$ ),
  - diameter of root at the head ( $h$ ),
  - diameter of root at the tail ( $k$ ),
- b) root shape,
- c) root weight ( $m_k$ ).

#### Seed sowing

Sowing in both cases were done with the Agricola SL-4 planter (Fig. 4). Seeds sown on seedbeds 4 x 75 cm



3. Hand registered penetrometer STS Šumperk

1 – measuring sounding staff, 2 – cone, 3 and 7 – spring, 4 – registration drum, 5 – handle, 6 – cable, 8 – foot mounting, 9 – shield, 10 – rod, 11 – block, 12 – scribbler, 13 – tablet, 14 – casing

were sown, two seeds each per row, four rows at once, at a speed of  $3.1 \text{ km.h}^{-1}$ . The distance of seeds between rows was 3.8–4.8 cm. The quantity of sown seeds was 2.8–3.1 million seeds per hectare. The seeds were sown till June 15. The soil temperature was 10–15 °C, and depth of sowing 2 cm. Seeds sown on heaps 4 x 75 cm were sown two seeds each per row in one heap, four heaps at once, at 7–8 cm distance between heaps and 3–4 cm between seeds in row at a speed of  $3.1 \text{ km.h}^{-1}$ .

#### Carrot and parsley harvesting

Harvesting was done in October using a de WOLF one-row digger with the loading conveyor. Carrot and parsley were stored in palettes in store and gradually graded and despatched to the marketing network.

## RESULTS

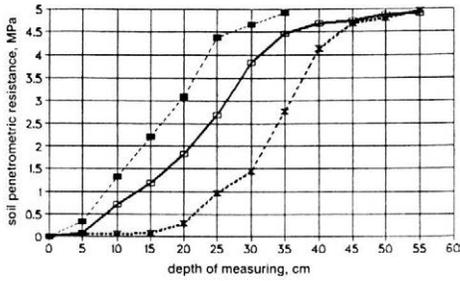
### EVALUATION OF SOIL PROPERTIES BEFORE SOWING

The results of the soil penetrometer resistance is shown graphically on Fig. 5. From the measured results, it was evident that the penetrometer resistance rose between 0.33–4.92 MPA at a soil depth of 5–40 cm in untilled soil and between 0.09–4.68 MPA in the leveled surface prepared with the combinator. In the soil prepared with the Rumpstad rotavator-ridger combination the penetrometer resistance was between 0.05–4.14 MPA.

The results of the soil shear strength are shown on Fig. 6. The measured results at the depths of 10, 20, and 30 cm showed that the average value for unprepared soil was 38.4, 80.2 and 119.6 kPa, respectively, and on the leveled surface of the soil prepared with the combinator, it was 15.5, 44.4 and 112.4, respectively. In heaps prepared with the Rumpstad rotavator-ridger combination the average value of soil shear strength at

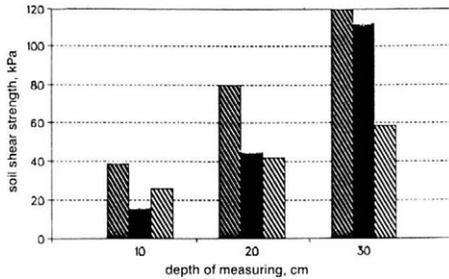


4. Planting carrots with the Agricola SL-4 planter



5. Course of soil penetrometric resistance before planting the carrot variety Tino

■ unprepared soil  
 ● combinator  
 ▲ Rumpstad rotavator-ridger combination



6. Course of soil shear strength before planting the carrot variety Tino

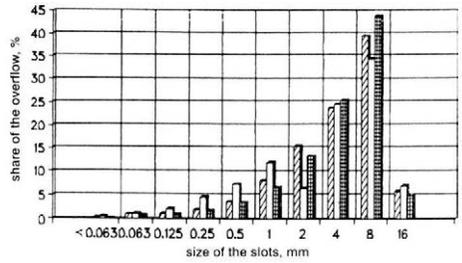
▨ unprepared soil  
 ■ combinator  
 ▩ Rumpstad rotavator-ridger combination

the depths 10, 20 and 30 cm was 25.8, 41.9 and 58.6 kPa, respectively.

The soil particle size distribution of soil grains (%) according to each pre-sowing soil preparation at a depth of 5–10 cm is graphically presented in Fig. 7.

Each variant of soil preparation was also characterised by soil bulk volume and moisture content. The estimation of these parameters was done using standard measurement methods, based on the use of Kopecky's physical cylinders. The measured values are presented in Tab. I.

From the measured values, it is evident that at 5, 10 and 15 cm the soil bulk density in unprepared soil was



7. Soil structure before planting at a depth of 10–15 cm (Analysette 3)

▨ unprepared soil  
 □ Rumpstad rotavator-ridger combination  
 ▩ combinator

1.17–1.42 g.cm<sup>-3</sup>, 1.42–1.65 g.cm<sup>-3</sup> for soil prepared with the combinator and 1.25–1.46 g.cm<sup>-3</sup> for soil prepared with the Rumpstad rotavator-ridger combination.

#### SOIL PROPERTIES BEFORE HARVESTING

From the results and evaluated measurements of the penetrometer soil resistance at a depth of 5–35 cm before harvesting, it was seen that its value was 0.68–5.25 MPa in soil prepared with the combinator and 0.15–4.16 MPa in soil prepared with the Rumpstad rotavator-ridger combination which is higher than the penetration resistance of soil measured before sowing by about 0.1–1.82 MPa. Likewise, it was stated that it is also possible to measure the soil shear strength before harvesting. The average value of soil shear strength at the depths of 10, 20 and 30 cm on level soil surface prepared with the combinator was 75.6, 99.0 and 129.5 kPa, respectively, and 37.4, 0.38, and 107.7 for soil prepared in heaps with the Rumpstad rotavator-ridger combination. These values were higher than before sowing by 0.71 kPa for soil prepared with the combinator and by 49.1 for soil prepared with the Rumpstad rotavator-ridger combination at a depth of 30 cm.

#### QUANTITATIVE SOWING INDEX

For summer sowing, carrot of variety Tino with a higher germination degree of foreign production was used. The seeds were packed and calibrated. After germination, the number of plants per metre on two-rows

I. Soil bulk density (g/cm<sup>3</sup>) and moisture content (%) before sowing carrots (Agric. Co-op. Raslavice)

Depth (cm)	Unprepared soil			Technology					
				A soil prepared with combinator			B soil prepared with rotavator-ridger combination		
	0–5	5–10	10–15	0–5	5–10	10–15	0–5	5–10	10–15
Average bulk density of dried soil (g/cm <sup>3</sup> )	1.17	1.42	1.42	1.42	1.65	1.35	1.25	1.27	1.46
Average soil moisture content (%)	22.5	28.2	29.1	22.8	24.3	23.0	13.9	21.3	24.2

were controlled. On the leveled soil prepared with the combinator, a minimum number of 21 plants and maximum number of 46 plants were counted. On heaps prepared using the Rumpstad rotavator-ridger combination a minimum number of 32 plants and maximum number of 72 plants were counted.

#### PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF CARROT ROOTS

Properties of roots were characterised by:

- dimensional values (length –  $l$ , diameter at the head –  $h$ , diameter at the root –  $k$  and root weight),
- root shape  $\lambda_1 = \frac{h}{k}$
- surface quality of root (visual).

The measured values of the physico-mechanical properties of carrot roots were statistically estimated and evaluated graphically. From the measured and statistical estimated values, it is seen that the average value of carrot length for the technology A (classical method of cultivation) was 11.2 cm and 13.9 cm for carrot planted on heaps (Figs 8 and 9). The median value of root weights for technology A was 100.6 g and 101.6 g for technology B on ridges (Figs 10 and 11).

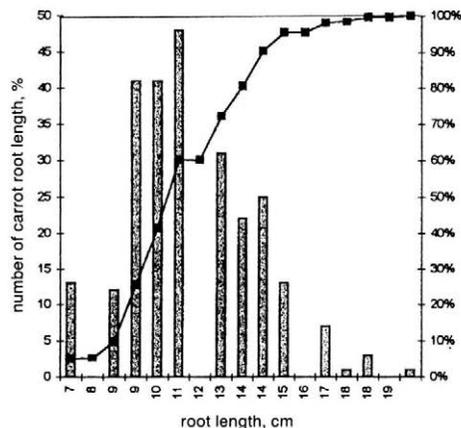
From the measured statistically evaluated dimension values of head and root tail diameters, it is evident that the average value of root head diameter for carrot planted using technology A was 3.36 and the average

root tail diameter was 1.93 cm. For carrot roots grown in ridges these values were 3.17 and 2.27 cm. From the calculated median value of head and root tail diameters, the shape coefficient ( $\lambda_1$ ) was calculated. For carrot planted with technology A, this value was  $\lambda_1 = 1.73$ .

#### QUANTITATIVE INDEX OF CARROT YIELD

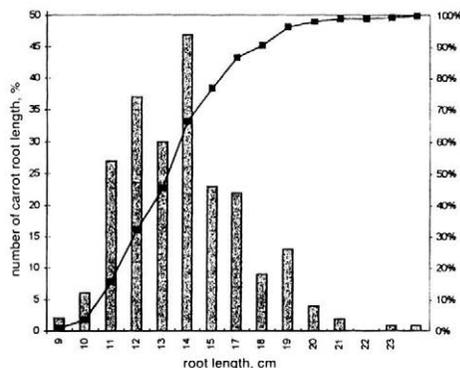
The biological yield of carrot was measured by the number of crops per square meter which was collected from the tested field before harvesting in the diagonal direction. The carrot produce was visually evaluated. The results are shown in Tab. II. The real yield was obtained after harvesting the crop and at the end of grading, sale and computation of the yield. The results are shown in Tabs III–VI.

Tab. II shows the evaluated criteria of carrot produce cultivated by the classical method and in ridges. A difference is seen especially in the root shapes. Carrot cultivated in heaps have an even, cylindrical root, without cracks and green patches at the top, have approximately the same length of 17–20 cm. The average yield for the first three years of cultivation was 38.1 t.ha<sup>-1</sup>. The carrots had a carotene content (vitamin) of 5–9 mg%, and the ascorbic acid content fluctuated between 8–15 mg%. The number of planted plants per meter was 80–90. Carrots planted by the classical method (technology A) did not have equal length and even cylindrical shapes. The surface was rough with cracks which obstructed cleaning of the car-



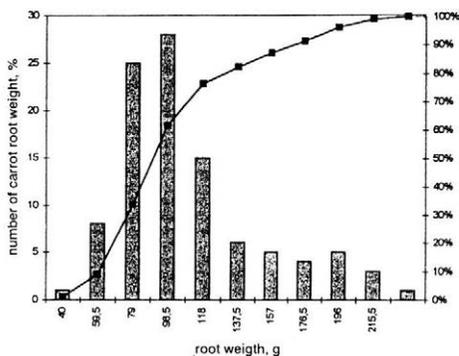
8. Course of the number of carrot root length distributions of the variety Tino with soil preparation using the combinator

frequency	
cumulative %	
mean value	11.2
standard aberration	2.41
extent	13
minimum	7
maximum	20
amount	2900
number	258



9. Course of the number of carrot root length distributions of the variety Tino with soil preparation using the Rumpstad rotavator-ridger combination

frequency	
cumulative %	
mean value	13.89
standard aberration	2.414
extent	15
minimum	9
maximum	24
amount	3111
number	224

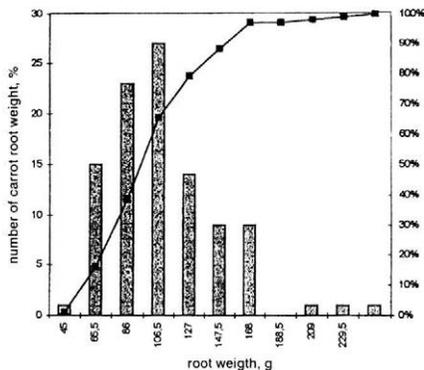


10. Course of the number of carrot root weight distributions of the variety Tino with soil preparation using the combinator

■ frequency  
 — cumulative %  
 mean value . . . . . 100.60  
 standard aberration . . . . . 42.057  
 extent . . . . . 195  
 minimum . . . . . 40  
 maximum . . . . . 235  
 amount . . . . . 10 161  
 number . . . . . 101

rots. Further, 10–20% of the produce had a deformed two-shaped form with cracks and the topmost part was green and tasted bitter in 60% of the carrots harvested in the fall. It also had a lower carotene and ascorbic acid content of about 4–6 mg % and 2–8 mg %, respectively. The carrot colour was light orange. Also it had a lower yield; for the first three years, the average yield achieved was 21.2 t.ha<sup>-1</sup>.

It can be stated that the preparation of soil with the Rumpstad rotavator-ridger combination significantly influenced the evaluated quality, appearance and vitamin content, and created optimum conditions for plant growth and development. Bad soil preparation hinders plant growth and development of carrot, obstructs the even growth of roots, thereby aiding in its deformation. This creates a two-shaped root or a short egg-like



11. Course of the number of carrot root weight distributions of the variety Tino with soil preparation using the Rumpstad rotavator-ridger combination

■ frequency  
 — cumulative %  
 mean value . . . . . 101.63  
 standard aberration . . . . . 36.791  
 extent . . . . . 205  
 minimum . . . . . 45  
 maximum . . . . . 250  
 amount . . . . . 10 265  
 number . . . . . 101

shape, which significantly decreases the produce standard. This results in a lower quality grade and hence lower market price. Only 30% of such produce make it to grade I; the other part being used in the food processing industry. Likewise, it is also possible to evaluate the production of parsley, which is even more demanding in terms of soil condition, chemical control and nutrition.

#### ECONOMIC EVALUATION

The economical evaluation of carrot production is presented in Tabs III and V. A simultaneous increase in growers standard and economic assets from cultivating these highly intensive crops is seen with an increase in the acreage of planted carrot and parsley. The

#### II. Comparison of quality indices during harvesting in the 1997 season

Evaluated criteria	Method of cultivation	
	A classical method – soil preparation with combinator	B in heaps – soil preparation with Rumpstad rotavator-ridger
Evenness of shape	deformed shape with bumps and side roots	even shape without bulges
Shape	conical	cylindrical
Surface quality	rough surface with scratches	smooth surface
Scratches	15–20%	up to 5%
Resistance to breakage	40–50%	80%
Colour	redish-orange, green on the top surface	dark redish-orange
Length in cm	12–16 cm	17–20 cm
Dry matter content	8.5–9%	10.7–11%
Yield	21.2 t.ha <sup>-1</sup>	42.5 t.ha <sup>-1</sup>

achieved results clearly show the right decision of cultivating root vegetables with the new method. The average yield for the first three years of the mid and late varieties Napoli, Tarvil and Tino grown at the co-operative farm in heaps was 38.1 t.ha<sup>-1</sup>, while that for grown by the classical method was 21.2 t.ha<sup>-1</sup>. With excellent plant nutrient, chemical control and intensive irrigation, the yield can be stabilised to 50–60 t.ha<sup>-1</sup>. The economical results of parsley production are shown in Tabs IV and VI. Parsley yield which is more demanding on soil, most especially on the irrigation regime and chemical diseases control had an average yield of 23.3 t.ha<sup>-1</sup> for plants grown in heaps and 13.1 t.ha<sup>-1</sup> for plants grown by the classical method.

In the nearer future, it will be possible to stabilise the yield of parsley to 30–35 t.ha<sup>-1</sup>. The efficiency of cultivating root vegetables expressed by the profit gained in the following years was 143,000 SKK (Slovak crowns) per hectare for carrot and 110,000 SKK per hectare for parsley. The cost of production per hectare was comparatively high; it fluctuated from 65,000–75,000 SKK per hectare and had a rising tendency. Most especially, the price of seeds was high, about 28,000 to 32,000 SKK per hectare.

Presently, the achieved results of the co-operative farm in comparison to notable foreign growers is quite poor. However, a yield of 23.3 t.ha<sup>-1</sup> is quite well based on our standards. The problem is with diseases and insects which relatively damage and devalue a significant portion of the produce. An increase in expenditure for chemical control is recommended. Despite these unfavourable influences recorded at the co-operative, a profit was realised also with the cultivation of parsley, thanks to the very favourable market price in the years 1996–1997.

## DISCUSSION

On the basis of the monitored data and comparisons of the measured soil properties, the following can be concluded:

The technology of seedbed preparation significantly influenced soil properties before sowing and following planting. The following measurements were certified:

- at a depth of 5 cm, the penetrometer resistance was 0.33 MPa in untilled soil, 0.09 MPa in soil prepared with the combinator and 0.05 MPa in soil prepared into heaps with the Rumpstad rotavator-ridger combination;
- at a depth of 30 cm, the penetrometer resistance was 4.38 MPa in untilled soil, 3.85 MPa in soil prepared with the combinator and 1.45 MPa in soil prepared into heaps with the Rumpstad rotavator-ridger combination;
- at a depth of 30 cm, the soil shear strength was 119.6 kPa in unprepared soil, 112.4 kPa in soil prepared with the combinator and 58.6 kPa in soil prepared into heaps with the Rumpstad rotavator-ridger combination;

III. Economic results of carrot cultivation with technology A (classical method)

Index	MJ	Year		
		1995	1996	1997
Acreage	ha	5	3	1
Yield	t.ha <sup>-1</sup>	20.8	22.4	20.6
Cost	SKK	251 000	159 500	52 500
Income	SKK	364 000	235 200	72 100
Profit	SKK	113 000	75 700	19 600

The average price achieved for carrots was 3.50 SKK (Slovak crowns) per kg

IV. Economic results of parsley cultivation with technology A (classical method)

Index	MJ	Year		
		1995	1996	1997
Acreage	ha	3	1	1
Yield	t.ha <sup>-1</sup>	12.2	13.8	13.2
Cost	SKK	159 500	56 400	56 200
Income	SKK	219 600	82 800	79 200
Profit	SKK	60 100	26 400	23 000

The average price achieved for parsleys was 6.00 SKK (Slovak crowns) per kg

V. Economic results of carrot cultivation in heaps (technology B, i.e. Dutch method)

Index	MJ	Year		
		1995	1996	1997
Acreage	ha	5	7	10
Yield	t.ha <sup>-1</sup>	32.5	39.40	42.50
Cost	SKK	317 300	479 500	712 000
Income	SKK	812 500	1 516 900	2 550 000
Profit	SKK	495 200	1 037 400	1 838 000

Price of carrot: year 1995, 1996, 1997, SKK per kg 5.00, 5.50, 6.00

VI. Economic results of parsley cultivation in heaps (technology B, i.e. Dutch method)

Index	MJ	Year		
		1995	1996	1997
Acreage	ha	2	5	7
Yield	t.ha <sup>-1</sup>	19.8	21.4	28.9
Cost	SKK	133 000	336 000	506 100
Income	SKK	257 400	749 000	1 820 700
Profit	SKK	124 400	413 000	1 314 600

Price of parsley: year 1995, 1996, 1997, SKK per kg 6.50, 7.00, 9.00

- at a depth of 5 cm, the soil particle size distribution of soil grains expressed in 0.125, 0.25 and 0.5 mm, respectively was 20.2% in untilled soil, 12.2% in soil prepared with the combinator and 23.8% in soil prepared into heaps with the Rumpstad rotavator-ridger combination;
- the soil moisture content at a depth of 5 cm was the following: untilled soil – 22.5%, soil prepared with the combinator – 22.8%, soil prepared into heaps with the Rumpstad rotavator-ridger combination – 13.9%.

The measured soil properties clearly shows the qualitative difference between soil preparation using the combinator and Rumpstad rotavator-ridger combination. Field tests showed that a good soil structure is achieved using the Rumpstad rotavator-ridger combination.

From the point of view of plant germination the soil moisture content is the only favourable factor with soil preparation using the combinator as against soil preparation into heaps with the Rumpstad rotavator-ridger combination. Other comparable indices show an advantage of seedbed preparation based on crop quality and quantity of plant produce using Rumpstad rotavator-ridger combination. The results of soil penetrometric resistance and its shear strength before harvesting indicates that these values increase during the vegetative period and unfavourably influence carrot harvesting, especially in unirrigated fields.

As was seen in field tests done in the summer planting of carrot, it may be possible to cultivate carrot in bad soil conditions only with the assumption of the existence of intensive irrigation. Otherwise, summer planting is very threatening. This was especially manifested during plant germination, which had 21–40 plants per metre on the soil prepared with the combinator and unirrigated and 15–26 plants on the soil prepared with the Rumpstad rotavator-ridger combination. For irrigated land, 40–60 plants per meter was recorded on soil prepared with the combinator, and 70–80 plants on soil prepared in heaps with the Rumpstad rotavator-ridger combination.

From the physical-mechanical characteristics of carrot root, the average root length of carrots planted in soil prepared with the combinator was 11.2 cm and 13.9 cm for carrots planted in heaps (unirrigated), but 17–20 cm (for irrigated fields).

There was also a difference in the biological yield of roots. For soil prepared with the combinator, the yield achieved was 20–22 t.ha<sup>-1</sup>, and in heaps, the yield achieved was 32–42 t.ha<sup>-1</sup>.

There was a difference in carrot shapes. Carrot grown on soil prepared with the combinator had a short, thick and small conical shape ( $\lambda_1 = 1.73$ ) and had a rougher surface. Carrot grown in heaps were longer, more slender, had a conical shape ( $\lambda_1 = 1.39$ ) and smoother surface.

The economic evaluation of cultivating root vegetables (carrot and parsley) rose from the total evaluation of yield in the years 1995, 1996, 1997 (Tabs III–VI) and from visual evaluation of the produce quality (Tab. II).

The presented yield in comparison to foreign producers were quite low. A yield of 23.3 t.ha<sup>-1</sup> for pars-

ley and 38.1 t.ha<sup>-1</sup> for carrot grown in heaps are very good based on our standards. The problem is with diseases and insects which damage and devalue a significant portion of the produce, requiring more expenditure on chemical control.

The economic evaluation of production shows an advantage of cultivating with technology B (planting in heaps, i.e. Dutch method) as against cultivating with technology A (classical method). The results of profits per ha was 110,000–150,000 SKK.

## CONCLUSION

The results confirmed the views of researchers that the important factor which significantly affects the quality of carrot and parsley produce is the preparation of soil with a good soil structure, good nutrients and water regime. The ideal tillage equipment for soil preparation for planting carrot and parsley, and also other crops is the rotavator-ridger combination. The equipment's breaker, hooks of its shape, motion, angle of penetration and method of tillage and soil loosening, creates an optimum soil structure which enables good germination, optimum plant growth and development. This guarantees a quality produce and high efficiency of production. This was proven by the field tests done in monitoring soil properties and the qualitative indices of sowing. A good soil structure, composition and optimum representation of soil compositions of a size of about 8–2 mm enables ideal growth and development of roots. With sufficient irrigation, a yield of about 50–70 t.ha<sup>-1</sup> for carrot and 35–40 t.ha<sup>-1</sup> for parsley is guaranteed.

## REFERENCES

- Bajkin A. (1994): *Mechanizácia v potravinárstve*. Univerzitet u Novom Sadu. Novi Sad.
- Bedrna Z. (1989): *Pôdne režimy*. Bratislava, SAV, Veda.
- Brčić J. (1983): *Mechanizácia v povrchárstvu*. Zagreb.
- Hraško J., Bedrna Z. (1988): *Aplikované pôdoznanectvo*. Bratislava, Príroda.
- Moser E. (1984): *Verfahrenstechnik Intensivkulturen*. Lehrbuch der Agrartechnik. Hamburg und Berlin.
- Firemné prospekty frézy Rumpstad a sejačky Agricola SL-4. Britská norma BS 1377.
- STN 72 1026 – Laboratórne stanovenie šmykovej pevnosti zemin vrtúfkovou skúškou.

Received on August 8, 1998

---

Contact Address:

Doc. Ing. Matej Polák, PhD., Ekonomická univerzita v Bratislave, Podnikovohospodárska fakulta v Košiciach, Tajovského 13, 041 30 Košice, Slovenská republika, tel.: +421 95 622 38 14, 622 19 55, fax: +421 95 765 975, e-mail: polak@economy.euke.sk

# VLIV TERASOVÁNÍ SVAHŮ NA FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI SKOŘICOVÝCH PŮD V KIRGIZII

## IMPACT OF TERRACING ON PHYSICAL PROPERTIES OF CINNAMONIC SOILS IN KIRGHIZIA

A. Žigová

*Geological Institute, Academy of Sciences of the Czech Republic, Praha, Czech Republic*

**ABSTRACT:** Physical properties of soils have a decisive influence on the origin of erosion processes. According to data published by Potapov (1990) the soil wash off on slopes without terraces reaches from 10–25 t.ha<sup>-1</sup> to 300 or even 400 t.ha<sup>-1</sup> depending on local conditions and the fertility of fruit trees would decrease to 30 or even 50% in various zones of fruit growing. As result of slope terracing the natural soil profile is subject to transformation. The surface of the stage of terrace (B) is covered by parent material and the original soil profile on the terrace edge (C) is superimposed by material from Ad to C horizons. Soil between terrace benches (A) remains intact (Fig. 1). The soil cover of the investigated territory consists of cinnamonic soils of the carbonate subtype from loess, i.e. siallitic neutral soils without textural differentiation which we classify under the *Calcixerollic Xerochrepts* soils following the USA soil classification scheme (Soil Survey Staff, 1990). For studies of physical properties of soils on terraced slopes a series of terraces was selected their ages being one year, six years, and 18 years, and their exposition being on the southwestern slopes of Baubaš-Ata in southern Kirghizia, with slopes of 20° to 23° at 1800 m to 1900 m altitude, in the zone of walnut woods. Soil profiles were based on A, B and C terrace elements. The width of the stage part is 3.5 m. The soil profile was also based on a slope without terraces having the same exposition, slope grade and altitude. After terracing the slopes the terrace stages were subsoiled to the depth of 70 cm by means of a trailed subsoiler. At the first autumn tillage to the depth of 20 cm of the terrace stage and edge following fertilizer doses were applied: manure – 40 t.ha<sup>-1</sup>, nitrogen (N) – 60 kg.ha<sup>-1</sup>, phosphorus (P) – 160 kg.ha<sup>-1</sup>, potassium (K) – 60 kg.ha<sup>-1</sup>. Fertilizing the terrace stage and edge concurrent with incorporation of fertilizers by plowdown to 20 cm depth has been performed every two or three years in the autumn. The respective doses per one hectare have been 20 to 30 t for manure, 40 kg, 90 kg, and 30 kg for N, P and K, respectively. Mineral and organic fertilizer were supplied during the first 15 years. Walnut (*Juglans regia* L.) plantation have been cultivated on the terraces. Following characteristics were determined in each of the morphologically described horizons: bulk mass, specific mass, void ratio, soil microstructure (Tab. I, II), and dispersity coefficient  $K$  (Fig. 2), this last being ascertained by calculation:  $K = a/b$ , where  $a = \%$  of particles < 0.001 mm determined by analysis of microaggregates;  $b = \%$  of particles < 0.001 mm determined by granulometric analysis (Vadunina, Korčagina, 1986). Agrotechnical treatment of soils of the terrace stage deteriorates the physical properties of soils above all those in the A<sub>ve</sub> and P<sub>ca</sub> horizons. For the same period, no deterioration of physical properties was found in the A<sub>ve</sub> horizon of the terrace edge. Physical properties impact distinctively on some elementary soil processes (EPP) participating in the initial stage of pedogenesis on terraced slopes. These are agroturbation and soil structure building. The terminology used by us for EPP description was published by Rožanov (1983). Differing pedogenesis conditions in elements of terraces are manifested in different intensity and entry of agroturbation and soil structure building in the set of each EPP. Differences of importance and intensity of elementary processes are conditioned by the length of agritechnical activities.

agroturbation; physical properties of soil; slope terracing; soil structure building

**ABSTRAKT:** Fyzikální vlastnosti půd na terasovaných svazích jsou ovlivňovány různými podmínkami pedogeneze na jednotlivých elementech teras a prvních 15 let i zpracováním půd. Na plošné terasy se v důsledku agrotechnického zpracování zhoršují fyzikální vlastnosti půd zejména v A<sub>ve</sub> a P<sub>ca</sub> horizontech. Tendence ke stabilizaci byla zaznamenána po 18 letech. Na násypové části terasy nebylo za stejné období zaznamenáno zhoršení fyzikálních vlastností v A<sub>ve</sub> horizontech. Fyzikální vlastnosti půd se rozhodující mírou podílejí na elementárních půdních procesech agroturbace a tvorby struktury půdy.

agroturbace; fyzikální vlastnosti půd; terasování svahů; tvorba struktury půdy

## ÚVOD

Fyzikální vlastnosti půd mají rozhodující vliv na vznik procesů eroze. Podle údajů, které uvádí Potapov (1990), dosahuje smyv půdy na neterasovaných svazích v závislosti na místních podmínkách od 10 až 15 t.ha<sup>-1</sup> do 300 až 400 t.ha<sup>-1</sup> a úrodnost ovocných stromů se snižuje na 30 až 50 % v různých zónách sadařství.

V důsledku terasování svahů se transformuje přirozený profil půdy. Na plošině terasy (B) je na povrchu půdotvorný substrát a na násypové části (C) je původní půdní profil překryt materiálem horizontů od Ad do C. Půda mezi jednotlivými terasovými stupni (A) zůstává neporušená.

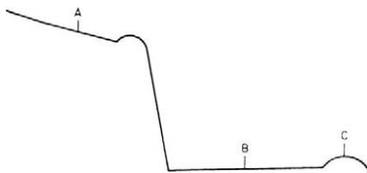
Velký objem prací týkajících se terasování svahů byl věnován vlivu zemědělské techniky na zásoby vláhy v půdě. Bylo zjištěno (Sejko, 1967; Ochaba, 1970; Zajčenko, 1984; Potapov, 1990), že při efektivním využívání zemědělské techniky se zvyšují zásoby vláhy v půdě o 3 až 6 % a že zvýšení zásob vláhy nezávisí na expozici svahu. Populidi (1969), Zarudnyj (1981), Ivanov, Fursa (1988) se ve svých pracích zaměřili na studium změn objemové hmotnosti a celkové pórovitosti půdy na jednotlivých prvcích terasy. S komplexnějším studiem změn fyzikálních vlastností půd na terasovaných svazích v počátečním stadiu pedogeneze jsme se v literatuře nesetkali.

## MATERIÁL A METODA

Půdním pokryvem sledovaného území jsou skořicové půdy subtyp karbonátové ze spraší, tj. sialitní neutrální půdy bez texturní diferenciacie, které podle klasifikace půd USA zařazujeme mezi *Calcixerollic Xerochrepts* (Soil Survey Staff, 1990) a podle francouzské klasifikace mezi sol marron (Duchafour, 1977). Skořicové půdy téměř nepromrzají a je pro ně charakteristický percolační hydrický režim. Roční úhrnné srážky se pohybují v rozpětí od 600 do 800 mm, průměrná roční teplota dosahuje 9 až 10 °C. Maximum srážek připadá na jaro a na začátek léta (Mamytov, 1974).

Pro studium fyzikálních vlastností na terasovaných svazích byla vybrána série teras se stářím jeden rok, šest let a 18 let na JZ svazích Baubaš-Ata v jižní Kirgizii, se svazitostí 20° až 23° v nadmořské výšce 1 800 až 1 900 m, v pásmu ořechových lesů. Půdní profily byly založeny na elementech teras A, B a C (obr. 1). Šíře plošinové části je 3,5 m. Půdní profil byl založen i na svahu bez teras se stejnou expozicí, svazitostí a nadmořskou výškou.

Po terasování svahů byly plošinové části podryvány závěsným podryvačem do hloubky 70 cm. První orbou do hloubky 20 cm se na podzim na plošinu a násypovou část terasy zapracovávají hnojiva v dávkách: chlévská mrva 40 t.ha<sup>-1</sup>, dusík (N) – 60 kg.ha<sup>-1</sup>, fosfor (P) – 160 kg.ha<sup>-1</sup>, draslík (K) – 60 kg.ha<sup>-1</sup>. Hnojení plošiny a násypové části terasy se zapracováním hnojiv orbou



1. Elementy terasy – Elements of terrace

A – půda mezi jednotlivými terasovými stupni – soil between terrace benches

B – plošina terasy – stage of terrace

C – násypová část terasy – terrace edge

do hloubky 20 cm se opakuje každé dva až tři roky na podzim. Na jeden hektar se aplikuje 20 až 30 t chlévské mrvy, 40 kg N, 90 kg P a 30 kg K. Minerálními a organickými hnojivy se hnojilo prvních 15 let. Na terasách se pěstuje ořešák vlašský (*Juglans regia* L.).

Pro stratigrafii půdního profilu na plošině terasy jsme pro označení horizontů nacházejících se pod Apcu použili zkratk Pea, Ica, Ilea. Tyto horizonty nemají dostatečné množství diagnostických znaků, abychom je zařadili do škály již existující. Pro vrchní horizont půd v násypové části, který překrývá původní profil, jsme použili označení Avca (Portnoj, 1965). Překryté horizonty původních profilů jsou rozlišeny značením v hranatých závorkách. Označení ostatních horizontů zkratkami odpovídá morfogenetickému klasifikačnímu systému (Hraško et al., 1991).

V jednotlivých morfologicky popsaných horizontech byly stanoveny tyto charakteristiky: objemová hmotnost, měrná hmotnost, pórovitost, struktura půdy, zrnitost, mikrostruktura půdy a koeficient disperzity K, který stanovujeme výpočtem (Vaďunina, Korčagina, 1986).

$$K = a/b$$

kde: a – procento částic < 0,001 mm při mikroagregátové analýze

b – procento částic < 0,001 mm při zrnitostní analýze

## VÝSLEDKY A DISKUSE

Hodnoty fyzikálních vlastností půd na svazích bez teras korelují s příslušnými hodnotami půd mezi jednotlivými terasovými stupni. Z tohoto důvodu se zaměříme na sledování fyzikálních vlastností na jednotlivých elementech teras.

Výrazné změny objemové hmotnosti půd, zejména jejich povrchových horizontů, nastávají především působením zemědělské techniky. První rok po terasování svahů mají půdy mezi jednotlivými terasovými stupni, na plošině i na násypové části terasy stejnou objemovou hmotnost. Významnou roli uvedené distribuci objemové hmotnosti sehrálo podryvání plošiny a materiál, z kterého se formuje horizont Avca. Po šesti letech byly nejvyšší hodnoty objemové hmotnosti zaznamenány na plošinové části a nejnižší na půdě mezi jednotlivými terasovými stupni. Obdobná situace je na terasovaných

svazích i po 18 letech (tab. I). Celkové nejvyšší hodnoty objemové hmotnosti byly naměřeny na plošinové části terasy a rostou úměrně s délkou agrotechnického zpracování půdy. Zvýšení obsahu humusu na plošině z 1,4 % v prvním roce na 3,05 % (Žigová, 1997) a ukončení agrotechnické činnosti po 15 letech vede k stabilizaci objemové hmotnosti. Na násypové části terasy jsou hodnoty objemové hmotnosti v Avca horizontech v průběhu 18 let stejné. Agrotechnické obrábění uvedeného prvku nevede k zhuňňování horizontů Avca, protože jsou složeny z materiálu horizontů Adca až Cca. Kromě toho nárůst obsahu humusu na plošinové části, jak vyplývá z citované práce (Žigová, 1997), je rychlejší a za 18 let dosahuje 3,98 %.

Pórovitost půdy byla stanovena výpočtem na základě údajů o objemové hmotnosti a měrné hmotnosti půdy (tab. I), tj. pórovitost půdy koreluje s hodnotami objemové hmotnosti, což potvrzují i naše výsledky.

V průběhu 18 let se diferenciací struktury na jednotlivých elementech projevuje takto: největší zastoupení frakce > 10 mm a < 0,25 mm vykazují Apc horizonty, tzn., že plošinová část terasy téměř nemá vodostálou strukturu. Nejpříznivější struktura byla zaznamenána na půdách mezi jednotlivými terasovými stupni. Na plošinové části se v 18 letech projevuje tendence k zlepšování struktury. Tato tendence byla potvrzena i koeficientem struktury (obr. 2), který byl vypočten ze vzorce

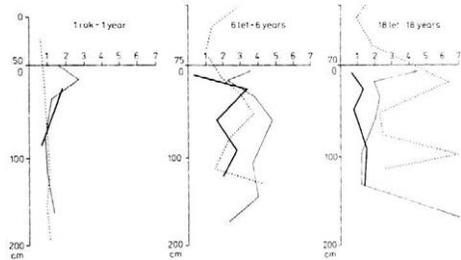
$$K = A/B$$

kde: A – Σ částic od 0,25 mm do 10,0 mm (%)

B – Σ částic < 0,25 mm a > 10,0 mm (%)

To znamená, že stejně jako u fyzikálních vlastností mají rozhodující vliv na strukturu půdy různé podmínky pedogeneze na jednotlivých elementech terasy a agrotechnické zpracování půd.

Zrnatost půdy do značné míry ovlivňuje průběh pedogenetických procesů a stupeň vývoje půdy. U zrnitostního složení (tab. II) probíhá diferenciací na plošinové části takto: převládají frakce 0,25 až 0,05 mm, 0,05 až 0,01 mm a 0,005 až 0,001 mm. Popsaná diferenciací je charakteristická pro půdy na všech elementech teras a podle půdního druhu je zařazujeme mezi půdy jílovitohlinité. Plošinová a násypová část teras se odlišují



2. Koeficient struktury – Coefficient of structure

Elementy terasy – Elements of terrace

A —  
B - - -  
C ·····

v procentech zastoupení frakcí 1,0 až 0,5 mm a 0,5 až 0,25 mm v nově se formujících horizontech.

Nejnižší stabilita mikrostruktury (koeficient disperzity – tab. I) byla stanovena na plošinové části teras. Po 18 letech, kdy se tři roky neprovádí agrotechnické zpracování, jsme zaznamenali tendenci ke zlepšování mikrostruktury půdy. Na násypové části teras se stabilita mikrostruktury po 18 letech přibližuje k hodnotám zjištěným na půdách mezi jednotlivými terasovými stupni.

Agrotechnické zpracování půd na plošině terasy v průběhu prvních 15 let zhoršuje fyzikální vlastnosti půd především Apc a Pca horizontů. Na násypové části terasy nebylo za stejné období zhoršení fyzikálních vlastností v Avca horizontech zaznamenáno.

Fyzikální vlastnosti výrazně ovlivňují některé elementární půdní procesy (EPP), které se podílejí na počátečním stadiu pedogeneze na terasovaných svazích, a jsou to: agroturbace a tvorba struktury půdy. Terminologii, kterou používáme pro popis EPP, uvedl Rozanov (1983). Na plošině terasy se prvních 15 let v období agrotechnické činnosti výrazně projevuje agroturbace. Po 15 letech začíná v tvorbě půdní struktury stoupat význam EPP. Na násypové části je závažnost agroturbace podstatně menší a po šesti letech se začínají projevovat i EPP v tvorbě struktury půdy.

I. Fyzikální vlastnosti půdy – Physical properties of soil

Číslo profilu, element terasy, stáří terasy <sup>1</sup>	Horizont <sup>2</sup>	Hloubka <sup>3</sup> (m)	Objemová hmotnost <sup>4</sup> (g.cm <sup>-3</sup> )	Měrná hmotnost <sup>5</sup> (g.cm <sup>-3</sup> )	Pórovitost objemová <sup>6</sup> (%)	Koeficient disperzity <sup>7</sup>
112/89	Adca	0,00–0,05		2,42		16,9
A	Aca	0,05–0,26	1,27	2,62	51,52	8,7
1 rok <sup>8</sup>	ABca	0,26–0,49	1,14	2,66	57,14	2,6
	B1ca	0,49–0,75	1,23	2,69	54,27	2,0
	B2ca	0,75–1,02	1,24	2,63	52,85	6,9
	BCca	1,02–1,45	1,29	2,72	52,57	15,9
	Cca	1,45–1,80	1,27	2,71	53,13	28,8
113/89	Apc	0,00–0,70	1,23	2,69	54,27	15,6
B	BCca	0,70–0,90	1,41	2,71	47,97	4,9
1 rok						

Pokračování tab. 1 – Continuation of Tab. 1

Číslo profilu, element terasy, stáří terasy <sup>1</sup>	Horizont <sup>2</sup>	Hloubka <sup>3</sup> (m)	Objemová hmotnost <sup>4</sup> (g.cm <sup>-3</sup> )	Měrná hmotnost <sup>5</sup> (g.cm <sup>-3</sup> )	Pórovitost objemová <sup>6</sup> (%)	Koeficient disperzity <sup>7</sup>
114/89	Avca	0,00–0,43	1,25	2,72	54,04	5,8
C	[Aca]	0,43–0,74	1,33	2,62	49,23	2,6
1 rok	[ABca]	0,74–1,00	1,32	2,66	50,37	10,3
	[B1ca]	1,00–1,40	1,30	2,72	52,20	5,4
	[B2ca]	1,40–1,72	1,26	2,71	53,50	10,2
	[BCca]	1,72–2,30	1,24	2,67	52,43	8,4
	[Cca]	2,30–2,42	1,27	2,74	53,64	8,0
104/88	Adeca	0,00–0,07	0,96	2,55	61,10	4,4
A	Aca	0,07–0,24	1,26	2,64	52,27	7,7
6 let	ABca	0,24–0,39	1,30	2,68	51,49	16,4
	B1ca	0,39–0,76	1,32	2,69	50,93	5,5
	B2ca	0,76–1,33	1,38	2,71	49,08	20,1
	BCca	1,33–1,50	1,33	2,68	50,37	14,1
	Cca	1,50–1,89	1,29	2,71	52,40	20,1
105/88	Apeca	0,00–0,20	1,40	2,71	48,34	19,3
B	Pea	0,20–0,33	1,31	2,72	48,53	30,6
6 let	lca	0,33–0,77	1,34	2,73	56,91	27,6
	lIca	0,77–0,99	1,25	2,72	51,04	10,9
	BCca	0,99–1,40	1,22	2,74	55,47	5,5
106/88	Av1ca	0,00–0,10	1,14	2,66	57,14	12,1
C	Av2ca	0,10–0,42	1,42	2,69	47,21	15,3
6 let	Av3ca	0,42–0,72	1,28	2,68	52,24	27,8
	[Aca]	0,72–0,92	1,18	2,64	55,30	32,3
	[ABca]	0,92–1,12	1,28	2,70	51,80	10,4
	[B1ca]	1,12–1,32	1,34	2,68	50,10	15,9
	[B2ca]	1,32–1,73	1,38	2,68	48,50	3,9
	[BCca]	1,73–1,89	1,25	2,69	53,33	10,0
	[Cca]	1,89–2,14	1,10	2,69	59,10	14,7
109/89	Adeca	0,00–0,09	0,84	2,46	65,85	4,0
A	Aca	0,09–0,28	1,29	2,64	51,14	43,7
18 let	ABca	0,28–0,45	1,26	2,67	52,81	19,3
	B1ca	0,45–0,79	1,26	2,71	53,50	12,7
	B2ca	0,79–1,10	1,32	2,72	51,47	19,9
	BCca	1,10–1,59	1,31	2,72	51,83	22,7
	Cca	1,59–1,80	1,16	2,70	57,03	12,1
110/89	Apeca	0,00–0,20	1,34	2,65	49,43	7,9
B	Pea	0,20–0,34	1,27	2,69	52,87	12,5
18 let	lca	0,34–0,67	1,30	2,69	51,67	1,2
	lIca	0,67–1,10	1,35	2,72	50,36	11,8
	BCca	1,10–1,60	1,26	2,69	53,15	7,8
111/89	Av1ca	0,00–0,10	1,19	2,64	54,92	3,7
C	Av2ca	0,10–0,32	1,19	2,65	55,09	11,9
18 let	Av3ca	0,32–0,75	1,19	2,57	53,69	5,1
	[Aca]	0,75–1,12	1,24	2,64	53,03	11,2
	[ABca]	1,12–1,40	1,18	2,71	56,45	23,7
	[B1ca]	1,40–1,60	1,14	2,65	56,98	18,3
	[B2ca]	1,60–1,80	1,14	2,68	57,46	13,9
	[BCca]	1,80–1,96	1,18	2,71	56,45	38,3

<sup>1</sup>number of profile, element of terrace, age of terrace, <sup>2</sup>horizon, <sup>3</sup>depth, <sup>4</sup>bulk density, <sup>5</sup>particle density, <sup>6</sup>porosity, <sup>7</sup>dispersion coefficient, <sup>8</sup>year

## II. Zrnitost pudy – Grain size distribution

Číslo profilu, element terasy, stáří terasy <sup>1</sup>	Horizont <sup>2</sup>	Hloubka <sup>3</sup> (m)	Frakce <sup>4</sup> (mm)						
			1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	< 0,001	< 0,01
			%						
112/89 A 1 rok <sup>5</sup>	Adca	0,00–0,05	0,33	11,90	36,28	15,54	18,22	18,73	52,49
	Aca	0,05–0,26	0,87	6,57	38,37	13,58	20,58	20,03	54,19
	ABca	0,26–0,49	0,16	5,31	39,84	22,51	9,56	22,62	54,69
	B1ca	0,49–0,75	1,09	28,90	17,84	11,90	19,54	21,04	52,17
	B2ca	0,75–1,02	0,03	18,92	23,77	14,75	11,71	20,80	47,28
	BCca	1,02–1,45	0,36	28,77	15,14	14,28	36,36	5,09	55,73
	Cca	1,45–1,80	0,23	12,18	35,93	13,31	24,73	13,62	51,66
113/89 B 1 rok	Apea	0,00–0,70	0,15	14,39	31,48	13,05	22,47	18,46	53,98
	BCca	0,70–0,90	0,38	22,50	29,72	10,11	26,58	16,71	53,40
114/89 C 1 rok	Avca	0,00–0,43	3,87	8,50	27,55	13,54	22,57	22,97	50,08
	[Aca]	0,43–0,74	3,07	21,51	30,28	4,45	16,23	24,45	45,13
	[ABca]	0,74–1,00	0,46	4,99	35,59	16,85	23,50	18,61	58,96
	[B1ca]	1,00–1,40	0,47	14,39	39,62	10,81	10,52	24,19	45,52
	[B2ca]	1,40–1,72	0,02	27,54	20,89	10,48	22,58	18,49	51,55
	[BCca]	1,72–2,30	0,04	26,62	23,68	4,61	25,37	14,68	49,66
	[Cca]	2,30–2,42	0,06	24,14	29,92	6,90	21,73	17,25	45,88
104/88 A 6 let	Adca	0,00–0,07	0,87	22,52	34,91	7,74	17,60	16,36	51,70
	Aca	0,07–0,24	0,32	12,82	33,72	13,37	24,78	14,99	53,14
	ABca	0,24–0,39	0,05	3,90	41,38	12,09	28,67	13,93	54,69
	B1ca	0,39–0,76	0,33	22,60	31,80	5,29	13,68	26,72	45,69
	B2ca	0,76–1,33	0,21	6,23	39,76	13,68	27,04	13,08	53,80
	BCca	1,33–1,50	0,01	14,24	25,70	17,20	16,42	22,43	56,05
	Cca	1,50–1,89	0,04	20,71	29,80	10,19	22,08	16,98	49,25
105/88 B 6 let	Apea	0,00–0,20	0,09	41,33	19,35	5,14	21,63	12,46	34,23
	Pca	0,20–0,33	0,04	47,16	18,05	5,14	20,41	9,20	34,75
	Ica	0,33–0,77	0,02	14,04	20,02	10,28	23,89	14,04	48,21
	IIca	0,77–0,99	0,11	29,92	18,74	20,06	16,25	14,25	51,23
	BCca	0,99–1,40	0,11	43,40	15,93	7,62	21,50	15,38	44,56
106/88 C 6let	Av1ca	0,00–0,10	0,07	30,56	24,42	5,85	21,83	17,27	44,95
	Av2ca	0,10–0,42	0,10	11,19	33,70	19,96	22,91	12,24	55,11
	Av3ca	0,42–0,72	0,04	7,11	34,81	17,93	17,61	12,50	58,04
	[Aca]	0,72–0,92	0,08	21,75	40,14	3,86	18,73	5,44	38,03
	[ABca]	0,92–1,12	1,36	13,81	30,83	13,69	25,42	14,89	54,00
	[B1ca]	1,12–1,32	0,01	21,40	12,25	9,32	25,74	11,28	46,34
	[B2ca]	1,32–1,73	0,44	11,93	13,67	8,75	24,35	11,93	45,03
	[BCca]	1,73–1,89	0,01	13,23	33,95	14,20	27,78	10,74	52,72
	[Cca]	1,89–2,14	0,10	39,69	14,82	10,48	27,14	7,83	45,45
109/89 A 18 let	Adca	0,00–0,09	0,06	31,05	19,83	9,65	19,37	20,04	49,06
	Aca	0,09–0,28	0,21	3,48	46,81	14,24	29,13	6,13	49,68
	ABca	0,28–0,45	0,01	4,55	42,43	15,38	20,24	17,39	53,01
	B1ca	0,45–0,79	0,09	40,76	11,40	7,30	17,98	22,47	47,75
	B2ca	0,79–1,10	0,01	6,36	40,10	12,91	21,85	18,77	53,55
	BCca	1,10–1,59	0,91	5,48	38,89	13,78	27,00	13,94	54,72
	Cca	1,59–1,80	0,63	5,95	37,04	15,65	27,09	13,64	56,38
110/89 B 18 let	Apea	0,00–0,20	0,15	30,02	20,65	8,09	23,83	17,28	49,20
	Pca	0,20–0,34	0,01	3,47	40,76	15,32	23,27	17,17	55,76
	Ica	0,34–0,67	0,04	19,02	27,80	11,35	21,03	20,76	53,14
	IIca	0,67–1,10	0,01	13,41	35,44	14,11	19,74	18,69	52,59
	BCca	1,10–1,60	0,03	18,95	29,42	11,71	20,21	20,18	52,10

Číslo profilu, element terasy, stáří terasy <sup>1</sup>	Horizont <sup>2</sup>	Hloubka <sup>3</sup> (m)	Frakce <sup>4</sup> (mm)						
			1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	< 0,001	< 0,01
			%						
111/89	Av1ca	0,00–0,10	0,06	18,47	28,67	17,34	22,36	13,10	52,80
C	Av2ca	0,10–0,32	0,86	27,90	18,12	15,66	16,81	21,39	53,86
18 let	Av3ca	0,32–0,75	0,20	31,90	17,30	13,11	15,83	21,65	50,59
	[Aca]	0,75–1,12	0,07	4,73	44,43	20,57	16,22	13,98	50,77
	[ABca]	1,12–1,40	0,05	30,38	26,32	14,15	9,27	19,85	43,27
	[B1ca]	1,40–1,60	0,02	26,37	30,97	11,07	10,49	21,08	42,64
	[B2ca]	1,60–1,80	0,01	25,98	17,26	26,27	23,60	6,89	56,85
	[BCca]	1,80–1,96	0,03	19,11	25,84	19,79	12,94	19,11	51,84

<sup>1</sup>number of profile, element of terrace, age of terrace, <sup>2</sup>horizon, <sup>3</sup>depth, <sup>4</sup>fraction, <sup>5</sup>year

Rozdílné podmínky pedogeneze na jednotlivých elementech teras se projevují v rozdílné intenzitě a vstupu agroturbace a tvorby struktury půdy do souboru jednotlivých EPP.

## ZÁVĚR

Terasováním svahů byly na jednotlivých částech teras vytvořeny různé podmínky pro základní půdní procesy podílející se na počátečním stadiu pedogeneze. Fyzikální vlastnosti výrazně ovlivňují elementární půdní procesy agroturbace a tvorby struktury půdy. Různá závažnost a intenzita uvedených elementárních procesů je podmíněna délkou agrotechnické činnosti.

## LITERATURA

- Duchafour P. (1977): Pédologie: 1. Pédogenèse et classification. Paris, New York, Barcelona, Milan, Masson, 271 s.
- Hraško J., Linkeš V., Němeček J., Novák P., Šály R., Šurina B. (1991): Morfogenetický klasifikační systém půd ČSFR. 2. vyd. Bratislava, 106 s.
- Ivanov V. F., Fursa D. I. (1988): Svojstva počv terasirovanogo sklonu. Počvovedenje, 1, 101–109.
- Mamytov A. M. (ed.). (1974): Počvy Kirgizskoj SSR. Frunze, Ilim, 420 s.
- Ochaba R. (1970): Jak je to s vrstevnicovými výsadbami révy vinné? Vinohrad, 5, 74–75.

Populidi K. I. (1969): Issledovanie uslovij terasirovannyh sklonov pod sady i vinogradniki Rostovskoj oblasti. [Avtoref. dis.] Novočerkassk, 32 s.

Potapov V. A. (1990): Borba s erozijej počv v promyšlennych sadach. 2. per. dop. izd. Moskva, Rosagropromizdat, 127 s.

Portnoj M. M. (1965): Počvennyje issledovanija pri terasirovaniji sklonov. Počvovedenje, 12, 48–56.

Rozanov B. G. (1983): Morfologija počv. Moskva, MGU, 320 s.

Šejko E. P. (1967): Issledovanie processov terasirovanija sklonov v predgorijach Zakarpattija. [Avtoref. dis.] Kijev, 16 s.

Vadunina A. F., Korčagina Z. A. (1986): Metody issledovanija fizičeskich svojstv počv. 3. per. dop. izd. Moskva, Agropromizdat, 416 s.

Zajčenko K. I. (1984): Počvouučšajuščaja rof terasirovanija na sklonovych zemljach pravoberežija Srednego Dona. In.: Bjull. Vsesojuz. nauč.-issled. inst. agrolesomelir., Vyp. 2 (43), Volgograd, 23–29.

Zarudnyj J. K. (1981): Vlijanije terasirovanija sklonu na vodno-fyzičeskije svojstva počvy. In.: Nauč.-techn. bjull. Technologičeskije i organizacinnno-ekonomičeskije voprosy počvozaščitnoho zemledelija. Vyp. 3 (30), Kursk, 28–34.

Žigová A. (1997): Počateční stadium pedogeneze na terasovaných svazích. Rostl. Vyr., 43, 101–105.

SOIL SURVEY STAFF: Keys to soil taxonomy. SMSS Technical Monograph No. 19, 4th ed. Virginia Polytechnic Institute and State University, 422 p.

Došlo 10. 12. 1997

## Kontaktní adresa:

RNDr. Anna Žigová, CSc., Geologický ústav AV ČR, Rozvojová 135, 165 02 Praha 6, Česká republika, tel.: 02/24 31 14 21, l. 262, fax: 02/24 31 15 78, e-mail: zigova@gli.cas.cz

# 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

J. Marko

*Technical University, Faculty of Forestry, Zvolen, Slovak Republic*

**ABSTRACT:** Classic computing procedures do not render a possibility to find quickly optimal shape and dimensions of particular nodes of engines, because it is not possible to calculate complicated fields of deformation on the basis of values of functioning forces. Only average values of stress are used to assess dimensions and that is why the link on complicated and real shape of bodies is insufficient. That is why the ways to perfect the calculation of fields of deformation and stress have been searched. Interactive computing system of mechanics of continuum which is based on the method of finite elements, method of border elements and the method of finite zones classes among the aptest methods for determination of deformations and voltages in construction and nodes. The system has been developed in ZTS-WUSAM Zvolen. In this contribution it is applied at tenacity analysis of chipless mechanism knife.

interactive computing system; mechanics of continuum; tenacity analysis; cutting tool

**ABSTRAKT:** Klasické výpočtové postupy neumožňujú rýchlo nájsť optimálny tvar a rozmery jednotlivých uzlov strojov, lebo nie je možné určiť výpočtom zložité polia deformácií na základe veľkosti pôsobiacich síl. Na určovanie rozmerov sa používajú len priemerné hodnoty napätí, a preto väzba na zložitý a skutočný tvar telies nie je dostatočná. Preto sa hľadali cesty na zdokonalenie výpočtu polí deformácií a napätí. Interaktívny výpočtový systém mechaniky kontinua, ktorý je založený na báze metódy konečných prvkov, metódy hraničných prvkov a metódy konečných pásov, je jednou z najvhodnejších metód na zisťovanie deformácií a napätí v konštrukcii a uzloch. Systém vznikol v ZTS-WUSAM Zvolen a v príspevku je aplikovaný pri pevnostnej analýze noža beztrieskového rezného mechanizmu.

interaktívny výpočtový systém; mechanika kontinua; pevnostná analýza; rezný nástroj

### ÚVOD

Na zníženie hmotnosti a zvýšenie prevádzkových vlastností konštrukcií je potrebné myslieť už pri navrhovaní. Preto je nutné už počas tvorby výkresovej dokumentácie využívať najnovšie poznatky numerických metód – mechaniky kontinua. Tieto metódy obsahuje interaktívny výpočtový systém (IVS) mechaniky kontinua, založený na báze metódy konečných prvkov, metódy hraničných prvkov a metódy konečných pásov. Má stavebnicovú štruktúru, ktorú možno prispôbiť požiadavkám užívateľa. Je určený pre konštruktérov v strojárstve a v stavebníctve, ale i pre špecialistov v oblasti numerických metód.

### MATERIÁL A METÓDY

Systém IVS mechaniky kontinua umožňuje riešiť statickú a dynamickú analýzu priestorových konštruk-

cíí v elastickej oblasti, v oblasti plasticity a medzných stavov, šírenia tepla a prúdenia kvapalín. Systém pozostáva zo samostatných modulov. Ich zaradovaním, zodpovedajúcim potrebe a možnostiam užívateľa, je možné meniť veľkosť a schopnosti systému. Systém IVS je riadený viacúrovňovým menu. Každá voľba je podporená voľbou HELP, ktorá stručne informuje o možnostiach zvolenej cesty a je stručným návodom na zadávanie vstupných hodnôt. Prostredníctvom databanky je systém prepojený s ostatnými systémami CAD (Eisner, 1990a, b).

Súčasnou systémom je systém IVS MOD, ktorý umožňuje geometrické modelovanie konštrukcie kontrolovateľné pomocou grafického zobrazovača. Súčasnou geometrického modelovania je vytváranie sietí prvkov. V elastostatickej úlohe sa počítajú deformácie v jednotlivých uzloch konštrukcie a napätia na každom prvku v závislosti od zadaných vonkajších síl, resp. teplôt.

Pri všetkých typoch analýz je možné interaktívne zasahovať do chodu programu vzhľadom na priebežné výsledky výpočtu.

Grafické zobrazovanie vstupných hodnôt, a to geometrického modelu konštrukcie, vonkajších síl a okrajových podmienok, a výstupných hodnôt v priebehu deformácie, napätí, teplôt a vlastných tvarov, umožňujúce výkonný grafický zobrazovač.

Systém IVS je obojstranne prepojený so systémom AutoCAD. V prostredí systému AutoCAD je možné snímať súradnice významných bodov konštrukcie, ktoré sú potrebné pre následné generovanie sietí prvkov.

Minimálna konfigurácia technických prostriedkov: 16-bitový osobný počítač (IBM kompatibilný) obsahujúci paralelný port, pamäť 640 kB RAM, pevný disk 20 MB, farebný monitor a grafický adaptér štandardu VGA, myš, snímač súradnic, súradnicový zapisovač.

Jednou z najprogressívnejších výpočtových metód, ktorá nám umožní určiť napäťovo-deformačný stav rezného nástroja, je metóda konečných prvkov (MKP). Názov metódy vyplýva z toho, že teleso je v nej rozdelené na konečný počet prvkov, pre ktoré sa zaužíval pôvodne pracovný názov konečné prvky (finite elements).

MKP je veľmi účinná variačná metóda riešenia okrajových úloh mechaniky kontinua. V súčasnej dobe sa používa hlavne pri numerickom riešení konkrétnych problémov teórie pružnosti a plasticity, teórie potenciálneho prúdenia a dynamiky.

Ľubovoľné okrajové podmienky je možné v metóde konečných prvkov ľahko vyjadriť. Rovnako nerobí problémy vystihnúť správne priebeh riešenia v miestach koncentrácie vonkajších alebo vnútorných síl, ak v takých miestach zhrustíme delenie na prvky.

Jednou z hlavných výhod pre technickú prax je okolnosť, že z prvkov je možné skladat konštrukcie ľubovoľného tvaru, s otvormi, zárezmi, vrubami a pod. Každý prvok môže mať obecné rôzne fyzikálne vlastnosti, ktoré sa môžu prípadne meniť v ďalších cykloch výpočtu podľa dosiahnutých medzivýsledkov. Môžeme teda ľahko riešiť konštrukcie premennej hrúbky, modulov pružnosti a súčiniteľov priečnej kontrakcie, nehomogénne a anizotropne, približne zistiť vplyv geometrickej a fyzikálnej nelinearity, t.j. veľkých deformácií a odehýľiek od Hookovho zákona. Je možné zostaviť univerzálne programy pre počítače s veľmi širokou variabilitou vstupných údajov. Vzniká tiež reálna možnosť optimalizácie tvaru konštrukcie a riešenia ďalších závažných úloh.

## VÝSLEDKY

Pri pevnostnej analýze noža rezného mechanizmu slúži ako podklad výkres rezného nástroja – plochého noža hrúbky  $t = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8$  mm so symetrickým uhlom ostria (rezného klína)  $\beta = 25^\circ, 30^\circ, 35^\circ, 40^\circ, 45^\circ$  a  $60^\circ$  z nástrojovej ocele 19 733, kalené HRC 50+2. Pre nedostatok materiálu požadovanej akosti neboli vy-



Hrúbka noža $t$ (mm)	Uhol ostria $\beta$ ( $^\circ$ )					
	25°	30°	35°	40°	45°	60°
1	25°	30°		40°		
2	25°	30°	35°	40°	45°	60°
3	25°	30°	35°	40°	45°	60°
4	25°	30°	35°	40°	45°	60°
5		30°				
6		30°				
8		30°				

1. Ploché nože a geometria ich ostria – Flat knives and their geometry of edge

hrúbka noža – knife thickness  
uhol ostria – angle of edge

robené všetky varianty uhla  $\beta$  u nožov hrúbok 5 až 8 mm (obr. 1).

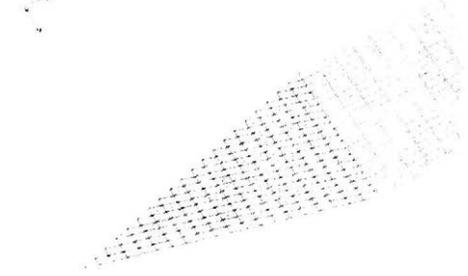
Pri výpočte sme vychádzali z vykonaných experimentálnych skúšok závislosti zmeny reznej sily od geometrie a hrúbky nástroja i druhu dreveniny. Predpokladáme uchytenie noža v čape, alebo votknutý, rezná hrana je zafatovaná staticky mernou reznou silou  $F_m$  ( $\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$ ) po celej dĺžke.

Pre kontrolný výpočet rezného nástroja uvádzam dva napäťovo-deformačné stavy: pre hrúbku noža  $t = 1$  mm s uhlom rezného klína  $\beta = 25^\circ$  zafatného mernou reznou silou  $F_{1,25} = 257 \text{ N}\cdot\text{mm}^{-1}$ , ktorú uvádza Marko (1996) ako maximálnu nameranú hodnotu pôsobiacu spojitě po celej dĺžke reznej hrany, t.j. 30 mm, a pre hrúbku noža  $t = 6$  mm s uhlom rezného klína  $\beta = 30^\circ$  zafatného mernou reznou silou  $F_{6,30} = 530 \text{ N}\cdot\text{mm}^{-1}$ .

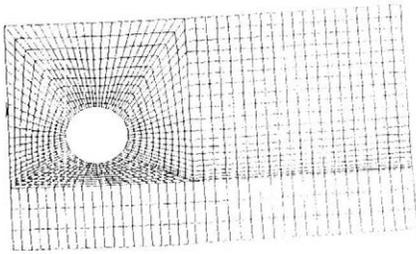
Daná počítačová konštrukcia bola pre obidve hrúbky a obidva spôsoby uchytenia (v čape i votknuté) rozdelená na 2 400 prvkov a 2 331 uzlov v reze (obr. 2), pre obidve hrúbky pri uchytení v čape na 1 320 prvkov a 1 423 uzlov plošne (obr. 3), pri votknutí pre hrúbku noža  $t = 6$  mm na 600 prvkov a 651 uzlov. Vypočítané deformácie, natočenia v uzloch a napätia sú spracované analyticky i graficky.

FILE:MM011 ST:PR: 2400 NODES: 2331

AVON:27W AM 27W



2. Rozdelenie noža hrúbky  $t = 6$  mm na prvky – výrez – Division of the knife of thickness  $t = 6$  mm into elements – cut-out



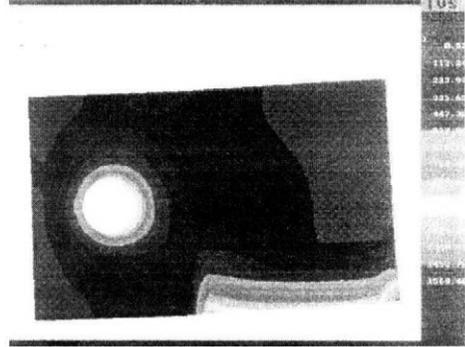
3. Zobrazenie deformovanej konštrukcie noža hrúbky  $t = 6$  mm uchytенý v čape – Reduced stress zones – knife of thickness  $t = 6$  mm gripped in the pin

Deformácie noža sú desaťnásobne zväčšené (obr. 3) od zatažujúcej mernej reznej sily  $F_m$ , pôsobiacej spojito po celej dĺžke reznej hrany. Priebehy redukovaných napätí v noži a ich veľkosti sú graficky vyznačené (obr. 4 až 7).

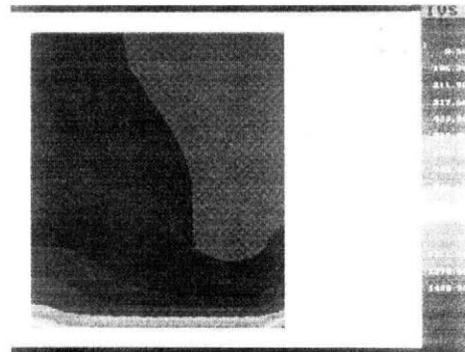
Na obr. 6 sú izolínie redukovaných napätí neupraveného rezného klína noža a na obr. 7 vidíme izolínie redukovaných napätí upraveného (zrazeného) rezného klína. Z týchto obrázkov môžeme usudzovať, že upravený rezný klin (zrazením alebo zaoblením) má značný vplyv na veľkosť a priebeh napätí, a tým aj na životnosť nástroja. Vhodnou úpravou rezného klína sa znížia veľké redukované napätia na ostrí noža.

## DISKUSIA

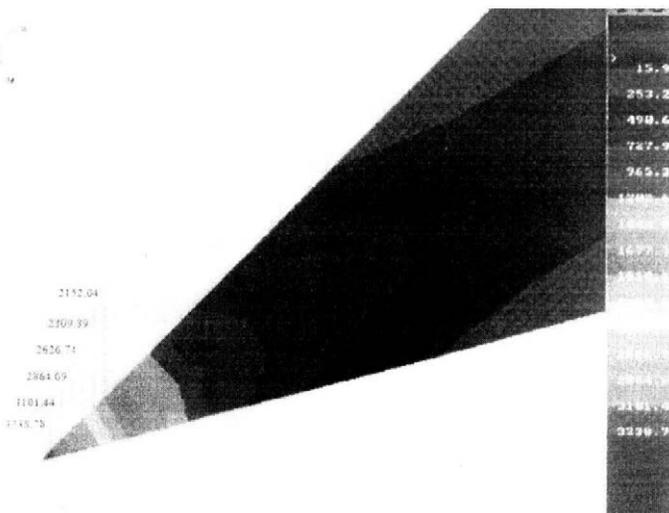
Uskutočnený teoretický a experimentálny rozbor silových a deformačno-deštruktívnych prejavov beztries-



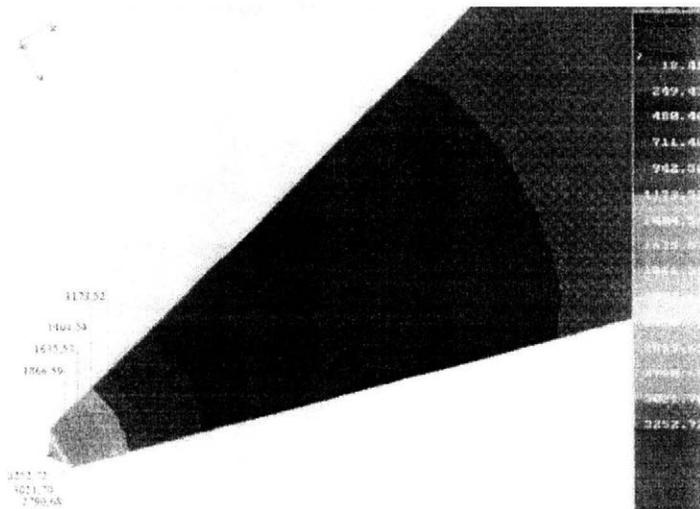
4. Izolínie redukovaných napätí – výrez – nôž hrúbky  $t = 6$  mm uchytенý v čape – Reduced voltage zones – knife of thickness  $t = 6$  mm gripped in gudgeon



5. Izolínie redukovaných napätí – vtoknutý nôž hrúbky  $t = 6$  mm – Reduced voltage zones – built-in knife of thickness  $t = 6$  mm



6. Izolínie redukovaných napätí rezného klína – výrez – nôž hrúbky  $t = 6$  mm uchytенý v čape – Reduced voltages zones of cutting edge – knife of thickness  $t = 6$  mm gripped in gudgeon



7. Izolácie redukovaných napätí upraveného rezného klína - výrez - nôž hrúbky  $t = 6$  mm uchytený v čape - Reduced voltages zones of adjusted cutting edge - cut-out knife of thickness  $t = 6$  mm gripped in gudgeon

kového rezania drevn je možné využiť pri optimalizovaní hrúbky rezného nástroja a uhla rezného klína noža. Navrhované parametre rezných nástrojov a ich dimenzovanie interaktívnym výpočtovým systémom tvoria priamo realizovateľné výsledky pre navrhovanie rezných nástrojov a dimenzovanie funkčných častí. Vhodnou úpravou rezného klína (veľkosťou polomeru zaoblenia ostria) sa znížia veľké redukované napätia, a tým aj životnosť nástroja.

Pri porovnaní IVS MK s bežne používanými systémami, napr. ANSYS, COSMOS, možno konštatovať, že tento systém je určený predovšetkým pre výpočty v strojárstve. Je to systém uzatvorený a v prípade rozšírenia je potrebné obrátiť sa na autorskú firmu WUSAM Zvolen, ktorá intenzívne pracuje na jeho rozšírení a zdokonalení.

#### LITERATÚRA

- Eisner I. (1990a): Interaktívny výpočtový systém metódy konečných prvkov pre osobné počítače - Teória a algoritmy. Banská Bystrica, DT ČSVTS, 339 s.
- Eisner I. (1990b): Interaktívny výpočtový systém metódy konečných prvkov pre osobné počítače - Uživatelská príručka. Banská Bystrica, DT ČSVTS, 277 s.
- Marko J. (1996): Problematika hodnotenia rezných mechanizmov pre výchovné zásahy. Zvolen, Vydavateľstvo TU, 50 s.

Došlo 25. 4. 1997

---

#### Kontaktná adresa:

Ing. Ján Marko, CSc., Technická univerzita, Fakulta environmentálnej a výrobnjej techniky, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, Slovenská republika, tel.: 0855/5335 111, fax: 0855/5330 026

---

# ZJIŠŤOVÁNÍ EMISÍ AMONIAKU ZE ZEMĚDĚLSKÉ ČINNOSTI

## MONITORING OF AMMONIA EMISSIONS FROM FARMING ACTIVITIES

A. Jelínek, M. Češpiva, P. Plíva

*Research Institute of Agricultural Engineering, Praha, Czech Republic*

**ABSTRACT:** Research on concentrations of toxic gases generated by farming activities is one of the most important worldwide concerns in order to ensure the environment improvement. A method of continual measurements of ammonia and other noxious gas concentrations was developed and tested in the Czech Republic. Comparative measurements were conducted on the basis of this method to confront it with the method applied in the Institute of Agricultural Engineering at Postdam-Bornim in the FRG, relying on a Brüel & Kjaer apparatus used in EU countries for this purpose. After data correspondence was demonstrated, measurements were conducted in basic categories of animals and emission limits for ammonia were established.

ammonia; toxic gas emissions; meters; sensors; detectors; climate in stables

**ABSTRAKT:** Výzkum možnosti zjišťování koncentrace toxických plynů ze zemědělské činnosti je v důsledku snahy o zlepšení životního prostředí celosvětově velmi sledován. V České republice byla navržena a ověřena metoda kontinuálního měření koncentrace amoniaku a dalších zátěžových plynů. Touto metodou byla uskutečněna porovnávací měření s metodou používanou pracovníky Ústavu zemědělské techniky v Postdamu-Bornimu v SRN přístrojem Brüel & Kjaer, používaným k těmto měřením v zemích EU. Po prokázání shodě naměřených hodnot byla provedena měření u základních kategorií hospodářských zvířat a stanoveny emisní limity amoniaku.

amoniak; emise toxických plynů; měřicí zařízení; čidla; snímače; klima stáje

### ÚVOD

Emise toxických plynů ze zemědělské činnosti, zvláště pak amoniaku, sirovodíku, kyslíčnicku uhličitěho a metanu, jsou srovnatelné s emisemi oxidů dusíku ze stationárního spalování fosilních paliv a mobilních zdrojů. Emise toxických plynů ze zemědělské činnosti výrazně ovlivňují ozónovou vrstvu, a proto je jim – jejich zjišťování a omezování jejich vzniku a úniku do ovzduší – věnována celosvětově velká pozornost.

Pro měření koncentrací toxických plynů v ovzduší se světě používají speciální analyzátoary. V České republice je normalizována metoda měření amoniaku a dalších toxických plynů v objektech spektrofotometricky. Vzorky ovzduší pro měření se odebírají speciálním, normou předepsaným způsobem. Podle normy ČSN 12 4070 je dále stanoven průtok vzduchu v objektu, teplota a relativní vlhkost vzduchu. Nevýhodou je nemožnost měřit koncentrace plynů v měřeném prostředí kontinuálně. Tuto nevýhodu odstraňuje metoda měření toxických plynů navržena a ověřena ve VÚZT, založená na využití speciálních selektivních čidel pro jednotlivé měřené plyny. Tato metoda měření umožňuje operativně zjišťovat účinnost technologických opatření směřujících k omezení emisí. Meziná-

rodní závazky ČR ukládají snížit emise toxických plynů ze zemědělské činnosti do roku 2002 minimálně o 50 %. V současné době se proto připravuje *Koncepce ochrany ovzduší a zajištění mezinárodních závazků*. Pro naplnění cílů této koncepce ochrany ovzduší je nutné dokončit základní výzkum emisí toxických plynů ze zemědělské činnosti a na jeho základě navrhnout opatření v technologických procesech, zvláště živočišné výroby, vedoucích k jejich minimalizaci.

### METODA MĚŘENÍ

Pro měření emisí plynů je na trhu poměrně úzký sortiment přístrojů. Specifika zemědělské výroby nás proto přinutila vytvořit vlastní měřicí zařízení, založené na vyráběných a dodávaných čidlech typu Figaro TGS (dovoz Japonsko) připojených k měřicímu systému vyvinutému ve VÚZT Praha a zapojených na řídicí počítač PC. Použitá čidla jsou citlivá na kyslíčnick uhelnatý, kyslíčnick uhličitý, kyslíčnick siřičitý, sirovoďík, metan, ozón, amoniak a na jejich nejrůznější obdoby.

Polovodičové čidlo je vyrobeno ze sintrovaného práškového kyslíčnicku ciničitého, který je slisován do určité formy a vyhříván topnou spirálou z platiny na

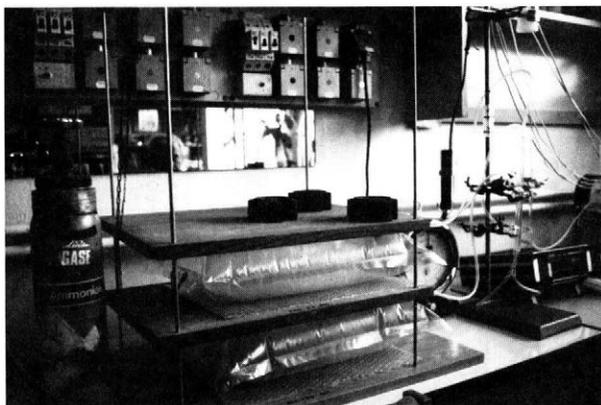
určenou teplotu. Nahromaděné plynné látky na povrchu čidla způsobují změnu ve struktuře materiálu, a tím se zmenší měrný odpor mezi elektrodami. Tento proces je vratný. Rychlá změna polovodičového materiálu v obou směrech je způsobena stálým ohřevem na teplotu 300 °C.

Čidla mají v podstatě neomezenou životnost při stálém provozu a teoreticky není nutné je často kalibrovat. Pro praktická měření se však s kalibrační počítá. Čidla se neporušují ani při trvalém provozu v prostředí libovolného plynu. Nesmí se však dostat do styku s tekutinou. Změnou chemického složení čidla je možné dosáhnout citlivosti na nejrůznější plyny. Čidlo má takovou konstrukci, která je činí odolným proti mechanickému poškození, a dobře snáší vibrace. Otevřená

dané době ustálení a dosažení konečné hodnoty je tato hodnota zaznamenána. Z hodnot pod každou koncentrací plynu je následně sestavena kalibrační křivka pro každé čidlo. V měřicí soustavě se v současné době používá šest čidel. Ukázka konečné kalibrační křivky je na obr. 3.

Protože cejchování probíhá se směsí, která je získána smísením suchého vzduchu a požadovaného plynu, je pro správné ocejchování nutné ještě udělat korekturu na relativní vlhkost vzduchu a teplotu. Výhodou takto prováděného cejchování je jeho snadná opakovatelnost, a tím i možnost cejchovat čidla po každém měření.

Čidlo FIGARO TGS se chová jako nelineární pasivní elektrický prvek, který generuje okamžitý signál



1. Vaky pro přípravu požadované koncentrace plynu – Bags for the preparation of required gas concentrations

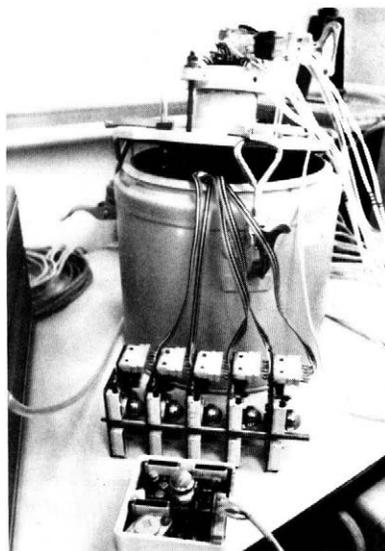
část čidla je chráněna nerezovou kovovou sítkou. Citlivost čidla podle koncentrace plynu se udává v jednotkách ppm (jeden dílek plynu na milion dílků čistého vzduchu).

Výrobce dodává k čidlům vlastní kalibrační křivky, je však nutné předpokládat, že kalibrace pro každé čidlo napojené na zesilovací člen se bude lišit od této kalibrace takovým způsobem, který by podstatně ovlivnil naměřené výsledky.

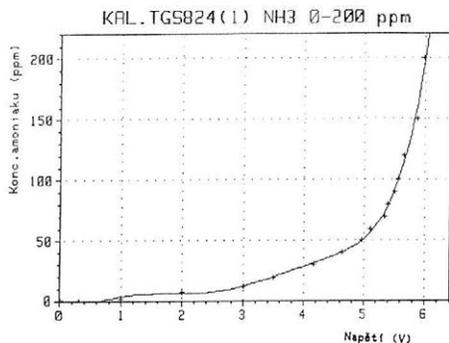
Proto byla vytvořena vlastní kalibrační sestava a kalibruje se vždy před každým měřením. Čidla se kalibrují v uzavřené komoře, kterou prochází směs syntetického vzduchu a měřeného plynu v celém měřeném rozsahu - u amoniaku v rozsahu (0–200) ppm. Na obr. 1 jsou vaky se směsí vzduchu a plynu. Tato směs je následně pomalu vhnána do uzavřené kalibrační komory (obr. 2).

Příprava pro kalibraci: do vaku se přes přesný plynoměr napouští předem určený objem čistého a suchého vzduchu a požadované koncentrace plynu se dosáhne přidáním požadovaného plynu speciální injekční stříkačkou.

Pro každou koncentraci (v našem případě byla počáteční koncentrace určena 20 ppm, což je  $14,16 \text{ mg.m}^{-3}$ ) je pro každé čidlo zaznamenána náběhová křivka. Po



2. Komora pro kalibraci čidel – Chamber for sensor calibration



**NÁZEV SOUBORU:**

NHI

**POPIS SOUBORU:**

KALIBRACE SENZORU NHI(1) – BAG. AMONIAK 0-200 ppm

1.	0.000	0.000
2.	0.300	0.000
3.	1.000	1.000
4.	2.000	7.000
5.	3.000	12.000
6.	3.500	19.000
7.	4.160	30.000
8.	4.640	40.000
9.	4.960	50.000
10.	5.110	60.000
11.	5.340	70.000
12.	5.400	80.000
13.	5.500	90.000
14.	5.570	100.000
15.	5.650	120.000
16.	5.870	150.000
17.	5.980	200.000

**TYP APROXIMACE:**

Polynomičká aproximace metodou nejmenších čtverců

**APROXIMAČNÍ KOEFICIENTY:**

0.	1.07801
1.	-26.41437
2.	64.55216
3.	-52.27478
4.	19.30193
5.	-3.27572
6.	0.20965311

**STŘEDNÍ KVADRATICKÁ ODCHYLKA APROXIMACE:**

3.95788

**3. Koncentrace amoniaku (ppm) – Ammonia concentrations**

napětí – voltage

název souboru – file name

popis souboru: kalibrace senzoru – file description: sensor calibration

typ aproximace: polynomičká aproximace metodou nejmenších čtverců – approximation type: polynomial approximation by the least-squares method

aproximační koeficienty – approximation coefficients

střední kvadratická odchylka aproximace – mean square deviation of approximation

úměrný koncentraci molekul plynu v atmosféře. Čidlo poskytuje kontinuální signál, který lze libovolně vzorkovat v měřicím řetězci s ohledem na technické parametry čidla (doba odezvy, relaxační doba, korekce).

Údaje zpracovává a současně vhodně vzorkování signálů řídí centrální počítač typu PC. Program, který spojitě sleduje průběh signálů, vykonává tyto operace:

- zjištění hodnoty signálu na čidle plynu,
- zjištění hodnoty relativní vlhkosti vzduchu,
- zjištění hodnoty tlaku,
- zjištění dalších vedlejších parametrů důležitých pro monitorování prostředí,
- korekci signálu čidla na relativní vlhkost prostředí,
- přepočet signálu čidla z elektrické veličiny na hodnotu koncentrace v ppm,
- zobrazování a ukládání výsledků.

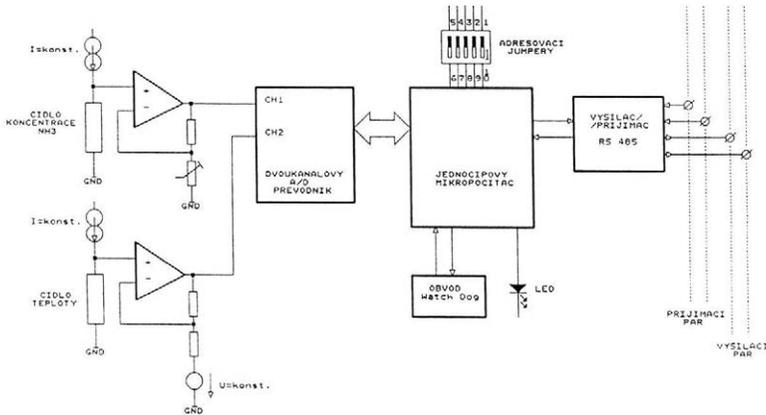
Čidlo je osazeno ve snímači, který byl vyprojektován a odzkoušen ve VÚZT (Jelínek et al., 1995). Dále byla navržena a odzkoušena nová periferní jednotka umožňující měřit ve více objektech najednou. Také byl zpracován řídicí a vyhodnocovací software. Výhody zvoleného systému měření:

- velká odolnost proti elektromagnetickému rušení,
- sběr dat je prováděn libovolným počítačem třídy PC,
- délka připojovacích kabelů snímačů neovlivní chybu měření,
- možnost zapojení až 32 snímačů,
- libovolná zaměnitelnost čidel na jednotlivých místech připojení.

Protože se předpokládá měření emisí nejen amoniaku, ale i dalších toxických plynů, byl snímač dořešen tak, aby byl co nejuniverzálnější a umožňoval snadnou záměnu čidel, zejména s ohledem na jejich teplotní kompenzaci.

Kompenzace se dělá softwarově na PC. Blokové schéma snímače je na obr. 4.

Čidlo koncentrace plynu je napájeno ze zdroje konstantního proudu. Napětí, které odpovídá koncentraci plynu, je přivedeno na jeden ze vstupů dvoukanalového A/D převodníku. Na druhý vstup převodníku je přivedeno napětí, které je přímo úměrné teplotě. Vzhledem k tomu, že použité teplotní čidlo má poměrně značný teplotní rozsah, je pomocí zapojení operačního zesilovače napětí z čidla upraveno pro požadovaný rozsah měření teploty. Čidlo teploty je rovněž napájeno ze zdroje konstantního proudu. A/D převodník je řízen jednočipovým mikropočítačem AT89C2051. Jde o mikropočítač odvozený od standardu INTEL 8051. Je vybaven elektricky reprogramovatelnou pamětí typu EEPROM. Je tedy velice snadné měnit program, který řídí činnost snímače. Mikropočítač také zajišťuje komunikaci s PC pomocí vysílače/přijímače sériového rozhraní RS 485. Je to velice rozšířené rozhraní zejména v průmyslových aplikacích, protože je díky svému uspořádání poměrně značně odolné proti rušení. Po běžných vodičích by bylo možné přenášet data teoreticky až do vzdálenosti 1 km. Další výhodou tohoto rozhraní je v tom, že s vhodným komunikačním protokolem umožňuje na jedno čtyřdrátové vedení připojit



4. Blokové schéma snímače – Block diagram of a pickup

čidlo koncentrace  $\text{NH}_3$  –  $\text{NH}_3$  concentration sensor  
 čidlo teploty – temperature sensor  
 dvoukanálový A/D převodník – two-channel A/D converter  
 adresovací jumper – addressing jumpers  
 jednocipový mikropočítač – one-chip microcomputer

obvod Watch Dog – watchdog circuit  
 vysílač/přijímač RS 485 – RS 485 transmitter/receiver  
 přijímací pár – receiving pair  
 vysílací pár – transmitting pair

libovolné množství snímačů. Jejich počet je prakticky omezen pouze jejich adresací. Každý snímač musí mít nastavenou individuální adresu pomocí jumperů, které jsou umístěny na desce snímače. Tato adresa slouží pro možnost výběru určitého snímače při komunikaci s PC. Aby bylo možné použít pro sběr dat libovolný počítač třídy PC, je sestava doplněna o běžně dodávaný převodník rozhraní RS485/RS232. Rozhraní RS232 jsou vybaveny bez výjimky všechny počítače PC, včetně notebooků. Na počítačích jsou tyto sériové porty označovány jako COM1, eventuálně COM2, má-li příslušný počítač sériové porty dva. Na desce snímače je i LED dioda, která je ovládána z mikropočítače. Lze proto naprogramovat její různé režimy, a signalizovat tak obsluze některé stavy (např. výpadek komunikace s PC, informace o tom, že u daného čidla byla překročena zadaná koncentrace apod.). Navíc lze již pomocí mikropočítače statisticky předem zpracovat naměřené hodnoty (zprůměrovat více měření, vyloučit zjevně špatné hodnoty na základě sledování rychlosti změny hodnoty apod.). Použitím vhodné přenosové rychlosti a správného komunikačního protokolu lze téměř beze zbytku potlačit vliv elektromagnetického rušení na přenos dat. Blokové schéma snímače je na obr. 4 a blokové schéma sestavy pro měření emisí je na obr. 5.

K libovolnému počítači třídy PC je čtyřdrátovým vedením k převodníku RS485/RS232 připojeno až 32 snímačů. Převodník je připojen k standardnímu sériovému portu PC. Komunikace probíhá tak, že všechny snímače jsou v režimu příjmu a čekají na vyslání adresy snímače z PC. Snímač, který má pomocí jumperů na desce nastavenou tuto adresu, potom vyšle do PC data obsahující údaje o odporu čidla koncentrace plynu,

o teplotě a eventuální autodiagnostické informace. Zprávy, které se přenášejí mezi PC a snímači, samozřejmě obsahují i prvky, které jsou nutné pro správnou činnost zvoleného komunikačního protokolu (kontrolní součet apod.). Data z jednotlivých snímačů jsou ukládána na PC. Koncentrace (včetně teplotní kompenzace a přepočtu s ohledem na relativní vlhkost vzduchu) se vypočítá až při zpracování těchto dat. V současné době se údaje o relativní vlhkosti zadávají do PC z měřicí aparatury Ultrakust.

Navrženou a odzkoušenou aparaturou se postupně měří v objektech pro chov:

- mléčného skotu,
- jiného dobytka,
- prasat,
- ovcí,
- drůbeže.

Tyto kategorie se potom dělí na podskupiny podle věku, zaměření chovu apod. Je respektován a posouzen způsob ustájení.

Skládky odpadní biomasy jsou rozděleny do dvou kategorií:

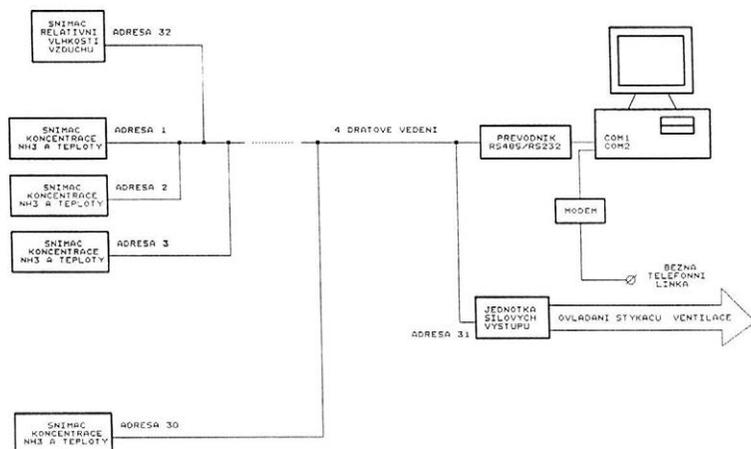
- skládky tuhého organického odpadu,
- skládky tekutého organického odpadu.

Jejich další rozdělení je podle způsobu skladování na:

- volné
- zastřešené.

Zpracovny odpadní biomasy jsou rozděleny na:

- kompostárny, bioreaktory,
- bioplynové stanice,
- homogenizační a separační zařízení na kejdu,



5. Blokové schéma sestavy měření emise – Block diagram of an emission measurement setup

snímač relativní vlhkosti vzduchu – sensor of relative atmospheric humidity

adresa – address

snímač koncentrace  $\text{NH}_3$  a teploty –  $\text{NH}_3$  concentration and temperature sensors

drátové vedení – wiring

převodník – converter

jednotka silových výstupů – ports

běžná telefonní linka – common telephone line

ovládání stykačů ventilace – control of ventilation contactors

– sušičky chlívského hnoje,

– kafilerie.

Současně s měřením koncentrací obsahů toxických plynů jsou ověřovány měřením navržené způsoby zamezení vzniku a úniku sledovaných plynů v dosavadních a nově navržených technologiích živočišné výroby.

## VÝSLEDKY

S ověřenou měřicí aparaturou jsme uskutečnili řadu měření. Vzhledem k rozsahu příspěvku nelze všechna publikovat. Popíšeme pouze dvě vybraná měření.

### SPOLEČNÉ MĚŘENÍ S PRACOVNÍKY ATB BORNIM

#### – SRN – POROVNÁVACÍ MĚŘENÍ

Měření se konalo v Selmě, a.s., středisko Telč – okres Jihlava jako porovnávací měření aparaturami používanými v EU a ČR.

Výkrm se provádí v pěti halách. V každé hale je čtyřicet boxů a v nich je umístěno rovnoměrně 850 prasat. Půdorysné schéma haly je na obr. 6. Měření se zúčastnili pracovníci ze SRN – ATB Bornim a obrázek půdorysu haly byl převzat z jejich zprávy (proto německé nápisy).

Krmení je zajišťováno zařízením Schauer Stalltechnik Mega Comp 68-PC-4160 třikrát denně. V každém

boxu je roštové kaliště. V době měření byla prasata 3,5 měsíce stará a měla průměrnou hmotnost 25,5 kg. Pro ventilaci je v každé hale zabudováno sedm stropních ventilátorů, rozmístěných symetricky podél střední chodby (obr. 6). Větrání je podtlakové. Čistý vzduch je přisáván bočními otvory.

Pracovníci z Bornimu měřili koncentrace amoniaku přístrojem pro autorizované měření Brüel & Kjear-Multigasmonitor typ 1302. Přístroj měřil na šesti místech a okamžitě vyhodnocoval naměřené veličiny. Objem větracího vzduchu se měřil v návaznosti na automaticky řízenou klimatizaci a byly změřeny charakteristiky ventilátoru. Rozmístění měřicích bodů je zřejmé z obr. 6. Na grafu (obr. 7) jsou u hodnot koncentrací z jednotlivých čidel zprůměrovány koncentrace amoniaku za celou dobu měření a zároveň je vynesena křivka určující objem větracího vzduchu za dobu měření. Na obr. 8 jsou pro ilustraci do společného grafu doplněny hodnoty koncentrací naměřené zařízením VÚZT a ATB Bornim. Je zřejmé, že průběhy křivek zpracovaných pracovníky ze SRN jsou téměř identické s průběhy křivek zpracovaných pracovníky VÚZT.

Za 39 hodin měření prošlo stájí 140 793  $\text{m}^3$  vzduchu a bylo odvedeno 0,535014 kg  $\text{NH}_3$ . Protože prasata byla velmi malá, je vypočtená hodnota porovnatelná spíše s hodnotou pro selata. Za rok by bylo vyprodukováno 120,2 kg  $\text{NH}_3$ , což při zástavu 850 kusů představuje

$$0,14 \text{ kg } \text{NH}_3 \cdot \text{rok}^{-1} \cdot \text{zvíře}^{-1}$$



I. Hodnoty naměřené a vypočítané v halách pro chov prasat – Values recorded and calculated in pig houses

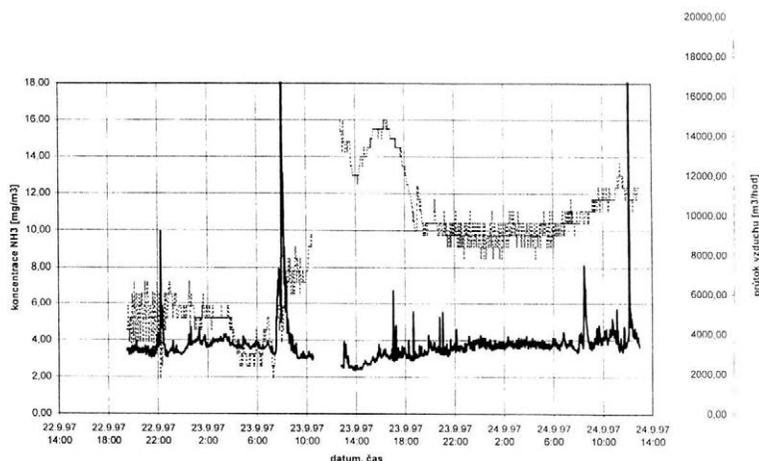
Datum začátku měření <sup>1</sup>	Doba měření <sup>2</sup> (h)	Průměrná koncentrace amoniaku <sup>3</sup> (mg.m <sup>-3</sup> )	Objem vzduchu prošlého stáji za dobu měření <sup>4</sup> (m <sup>3</sup> )
22. 9. 1997	15	3,8	46 051
23. 9. 1997	24	3,8	94 742

<sup>1</sup>date of measurement start, <sup>2</sup>time of measurements, <sup>3</sup>average ammonia concentration, <sup>4</sup>air volume passing through the house during measurements

II. Hodnoty naměřené a vypočítané v hale pro chov kuřecích brojlerů – Values recorded and calculated in chick broiler houses

Datum začátku měření <sup>1</sup>	Doba měření <sup>2</sup> (h)	Průměrná koncentrace amoniaku <sup>3</sup> (mg.m <sup>-3</sup> )	Objem vzduchu prošlého stáji za dobu měření <sup>4</sup> (m <sup>3</sup> )
13. 5. 1997	24	4,06	1 518 840
14. 5. 1997	49	3,06	4 587 870
16. 5. 1997	47	3,11	4 189 110

For 1–4 see Tab. I



7. Průměrná koncentrace amoniaku MP 2-6, Selma-Telč, 22. 9. 1997 – Average ammonia concentrations MP 2-6, Selma-Telč, 22nd Sept. 1997

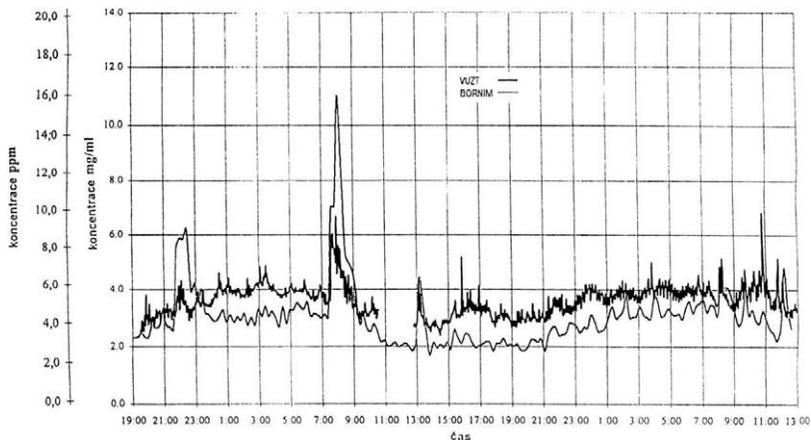
— průměrná koncentrace NH<sub>3</sub> – average NH<sub>3</sub> concentration  
 ..... průtok vzduchu (m<sup>3</sup>/h) – air flow (m<sup>3</sup>/h)  
 datum, čas – date, time

množství měřeného plynu, ale celkový průběh křivky je shodný.

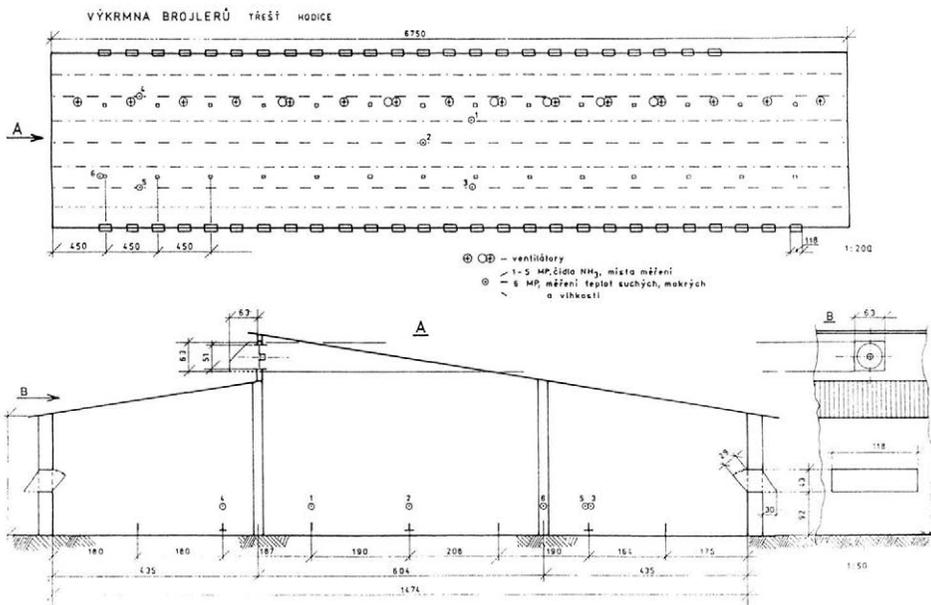
Odchylku v absolutní hodnotě koncentrace je možné při nízkých hodnotách měřeného plynu zdůvodnit přítomností dalších plynů ve stáje atmosféře a jejich vlivu na měřicí čidlo. Proto se v dalším období výzkumu chceme zaměřit na vliv přítomných plynů (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>) na přesnost měření koncentrace amoniaku při jeho nízkých hodnotách. Dále stejným způsobem chceme ověřit možnost měření metanu (CH<sub>4</sub>), sirovodíku (H<sub>2</sub>S) a kyslíčnanu uhlíčitého (CO<sub>2</sub>). Další inovací by mělo být měření relativní vlhkosti vzduchu přímo snímačem.

Zatím vykonaná měření umožnila přepracovat tabulku hodnot emisních faktorů pro hospodářská zvířata v tom smyslu, že doposud používané hodnoty teoreticky vypočtené se experimentálně posoudily. Bylo zjištěno, že u skotu, prasat a drůbeže byly dříve používané emisní faktory o 1/3 až o 1/2 vyšší, což mělo nepříznivý vliv na posuzování zátěže životního prostředí ze zemědělské činnosti.

Další rozpracování měřicí metody, a hlavně získání základních hodnot pro výpočet emisních faktorů, umožní vypracovat podklady pro návrhy technologií omezujících jejich únik do atmosféry a splnění závazku České republiky o jejich snížení do roku 2002 o 50 %.



8. Koncentrace plynu na měřicím místě č. 5 – Gas concentrations at measuring point no. 5

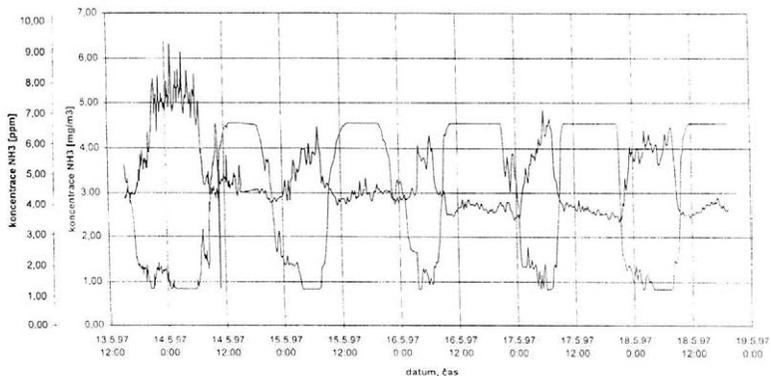


9. Výkrmna brojlerů, Třešť, Hodice – Broiler-fattening house, Třešť, Hodice

ventilátory – fans  
 čidla  $\text{NH}_3$  –  $\text{NH}_3$  sensors  
 místa měření – measuring points  
 měření teplot suchých, mokrých a vlhkosti – measurements of dry, wet temperatures and humidity

Na závěr je nutné uvést, že problematika zjišťování emisí ze zemědělské činnosti je řešena v rámci projektu

NAZV č. 6510 „Omezení vlivu emisí toxických plynů ze stáji na životní prostředí“.



10. Průměrná koncentrace amoniaku – brojlěři, Hodice, 13.–18. 5. 1997 – Average ammonia concentration – broilers, Hodice, 13th–18th May 1997

průtok vzduchu – air flow

#### LITERATURA

Jelínek A. et al. (1995): Hodnocení vlivu zemědělské techniky a technologií na životní prostředí. Část I: Hodnocení vlivu

emisi ze zemědělské činnosti na životní prostředí. [Závěrečná zpráva.] Praha, VÚZT č. 2886. ČSN 12 4070.

Došlo 27. 5. 1998

---

#### Kontakní adresa:

Ing. Antonín Jelínek, CSc., Výzkumný ústav zemědělské techniky, Drnovská 507, P.O.B. 54, 161 01 Praha 6-Ruzyně, tel.: 02/33 02 21 11, fax: 02/36 08 59, e-mail: vuzt@bohem-net.cz

---

# ŽIVOTNÍ JUBILEA

## K životnému jubileu prof. Ing. Jána Jecha, PhD.

V septembri 1998 oslávil profesor Katedry strojov a výrobných systémov Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre (SPU) Ján Jech svoje šesťdesiatiny.

Prof. Ing. Ján Jech, PhD., sa narodil 22. septembra 1938 v Nižnej Pisanej, okr. Svidník. Z dôvodu zničenia celej oblasti pod Duklou druhou svetovou vojnou absolvoval národnú školu v Čechách. V roku 1957 maturoval na gymnáziu vo Svidníku.

V rokoch 1957 až 1962 študoval na Mechanizačnej fakulte Vysokiej školy zemědělskej v Prahe. Po jej úspešnom absolvovaní nastúpil na miesto asistenta na Katedru mechanizácie rastlinnej výroby Vysokiej školy poľnohospodárskej v Nitre, kde sa zriaďoval študijný odbor mechanizácia poľnohospodárstva a neskôr v roku 1969 Mechanizačná fakulta.

Na Katedre strojov a výrobných systémov pracuje prof. Jech od roku 1962 doteraz. V roku 1971 obhájil kandidátsku dizertačnú prácu na tému Vonkajšie šmykové trenie zrnitých materiálov – semien hrachu. V roku 1972 obhájil habilitačnú prácu na tému Výmlat ďatelinovín a v roku 1989 bol menovaný za profesora pre odbor poľnohospodárske stroje.

Ako mladý vedecký pracovník začínal vo výskume riešením agrofyziálnych vlastností poľnohospodárskych plodín (obilnín, strukovín, ďatelinovín), neskoršie zberom a výmlatom ďatelinovín a strukovín. Z tejto problematiky má v spoluautorstve uznaných 11 vynálezov.

Úspešná je jeho vedecko-výskumná činnosť: bol zodpovedným riešiteľom a spoluriešiteľom 15 úspešne obhájených výskumných úloh. V súčasnom období (1996–1999) je vedúcim už druhého projektu VEGA na tému Technologické obrábanie pôdy a ich technické zabezpečenie v podmienkach orientovaného poľnohospodárstva.

Za významnú vedecko-výskumnú a realizačnú činnosť mu bola v roku 1983 udelená cena ministra školstva SR.

Z realizačných výstupov technologického charakteru treba vyzdvihnúť vývoj zariadení a mechanizmov na zber strukovín, ktoré minimalizujú straty a poškodenie zrn.



Významný je jeho podiel na úseku študentskej vedeckej a odbornej činnosti. Vychoval osem kandidátov vied a jedného doktora filozofie; v súčasnosti školí troch doktorandov.

Vo vedecko-výskumnej práci spolupracoval s odborníkmi z iných fakúlt VŠP, s výrobcami, užívateľmi strojov a s VÚZT v Prahe-Repy, VÚZS Praha-Chodov, VÚPT Rovinka a so Skúšobňou poľnohospodárskych strojov, pobočka Rovinka (teraz už samostatná skúšobňa).

Absolvoval viacero stáží a zahraničných prednáškových pobytov, konferencií a seminárov. Poznatky zo zahraničia využíva v pedagogickom procese a vo vedecko-výskumnej činnosti.

V septembri 1977 bol vymenovaný za prorektora VŠP v Nitre a bol poverený vybudovať detašované pracovisko VŠP v Nitre so sídlom v Košiciach, kde pôsobil do roku 1980. V uvedených rokoch tiež externe prednášal na VŠT v Košiciach.

Od roku 1967 pôsobí v štátnicových komisiách na SPU v Nitre, ale aj na iných univerzitách (Technická univerzita Košice, Česká zemědělská univerzita Praha, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brne).

V rokoch 1980 až 1990 bol prorektorom na VŠP v Nitre; v rokoch 1993 až 1996 bol zvolený do funkcie prodekan Mechanizačnej fakulty SPU v Nitre.

Od roku 1996 doteraz vykonáva funkciu predsedu Akademického senátu SPU v Nitre a člena predsedníctva Rady vysokých škôl v SR.

Doménu prof. Ing. J. Jecha, PhD., je vedecko-výskumná činnosť a prenos poznatkov do praxe. Preto sa v roku 1994 stal iniciátorom a spoluzakladateľom Združenia výrobcov poľnohospodárskej techniky v SR – AGRION. Na ustanovujúcom valnom zhromaždení bol zvolený za prezidenta. Túto funkciu vykonáva druhé volebné obdobie. Pod jeho vedením si združenie AGRION získalo v odbornej praxi a u riadiacich orgánov patričnú autoritu.

V Slovenskej akadémii poľnohospodárskych vied vykonáva v súčasnosti funkciu predsedu odboru Poľnohospodárska technika, energetika a výstavba.

Za jeho dlhoročnú (37 rokov) pedagogickú a odbornú prácu mu rektor SPU udelil k šesťdesiatinám zlatú medailu SPU v Nitre.

Jubilant sa v dobrom zdraví dožil významného životného jubilea a je plný elánu pokračovať vo svojej pedagogickej a vedecko-výskumnej práci.

Do ďalších rokov veľa zdravia a osobnej pohody mu prajú jeho spolupracovníci a k želaniu svojmu dlhohletému členovi (od r. 1970) sa pripája i redakčná rada a redakcia časopisu Zemědělská technika.

# OPTIMIZING THE PROCESS OF DRYING POTATOES IN THE DRYING PLANT PROCTOR & SCHWARTZ

## OPTIMALIZACE PROCESU SUŠENÍ BRAMBOR V SUŠÁRNĚ PROCTOR & SCHWARTZ

L. Sychra, J. Mareček

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

**ABSTRACT:** The paper deals with the optimization of the drying process in the drying plant Proctor & Schwartz at drying potato chips for food purposes. The dried chips of Agrie variety were 10 x 10 x 3 mm in size. The construction design of the drying plant was that of a convection multizone drier. The drying process analysis is to determine the correlation between the relative water content and specific moisture of to-be-dried material, to-be-dried material mass flow and specific intensity of to-be-dried material transfer of moisture mass (drying rate) and the used temperature regimes of the drying plant. It is obvious from the analysis that the monitoring of the moisture content in the course of drying is a basic index for timely adjustment of basic parameters of the drier, which can to a considerable extent affect the quality of dried potato chips.

drying of potatoes; drying rate; food processes; drying order; moisture

**ABSTRAKT:** Cílem práce bylo optimalizovat proces sušení v sušárně Proctor & Schwartz při sušení bramborových plátek pro potravinářské účely. K sušení se používaly plátky o rozměrech 10 x 10 x 3 mm, odrůda Agrie. Vzhledem ke konstrukčnímu řešení šlo o konvekční vícepásmovou sušárnu. Při analýze procesu sušení jsme zjišťovali závislost relativní vlhkosti a měrné vlhkosti sušeného materiálu, hmotnostního toku sušeného materiálu a měrné intenzity přenosu hmoty vlhkosti sušeného materiálu (rychlosti sušení) na použitých teplotních režimech sušárny. Z provedené analýzy je zřejmé, že sledování průběhu vlhkosti v průběhu sušení je základním ukazatelem pro včasnou regulaci základních parametrů sušárny. Tím lze ovlivnit dosaženou kvalitu sušených bramborových plátek.

sušení brambor; rychlost sušení; potravinářské procesy; sušící řád; vlhkost

### INTRODUCTION

A purposeful definition and scientific knowledge of relationships between the technical and biological sub-systems provides a possibility to influence the technological process with regard to the quality of the biologically live matter being processed. The fact is in the limelight of namely all producers of food on the final quality of which the ever increasing requirements are imposed.

The basic problem of agricultural and food-making technological processes is their quality. The sense of finalization processes of agricultural products consists in either keeping or improving their quality.

From the end product qualitative point of view the drying of potatoes is considered not only the best but also the most expensive method of their conservation. Therefore, the processing of potatoes by drying is economical only under a pre-condition of a high quality of the final product whose dietary properties are especially suitable for human nutrition, feeding of young ones and sick animals. On the other hand, however, this way of conservation reduces losses due to the product storage as well as the resulting achieved financial effect

in the comparison with the traditional methods of using the potatoes.

As to the drying of potatoes for food-making purposes, i.e. for human nutrition, the method of processing is used only very seldom due to high costs of energy at the final production (Brabec, 1970).

The financial costs for the production of potato pulp at drying the potatoes for food purposes are influenced by the content of drying substance which is determined for the dried goods and markedly affected by the potato starch content. As the starch content is a specific species feature in the potatoes, the selection of potato variety for food drying deserves a special attention. Varieties marked in the catalogues as table and starch potatoes are preferred both for their content of starch and starch yield, and with regard to soil and climatic conditions of the site for a more specific growing (Šimek, 1978).

### MATERIAL AND METHODS

The analyzed drying plant is of convection, belt, multizone character – with a partial recirculation of the

drying medium. The drier consists of three drying belts on which four drying sections are situated, separated from each other, and at all times with the controllable temperature of the flowing drying medium and the controllable speed of the motion of the individual belts.

The motion and flux of the drying medium within the drying space and to-be-dried material occurs through vertically installed fans inside every section of the drying kiln. The fans draw in the air through a heat exchanger, which has already passed through the layer of the dried material, mixed with a certain amount of fresh air. At all times, its part is saturated with moisture. The direction of drying medium passage through the layer of dried material differs in the individual sections. In Sections 1, 3 and 4 the drying medium flows into the material layer from below, in Section 2 the direction of passage through the dried material is reversed. Parameters for evaluation are shown in Tab. I.

I. Thermal mode of drying plant (°C)

Mode	Section			
	A1	A2	B	C
1	110	110	90	70
2	110	105	80	60
3	105	105	80	60
4	105	100	80	60
5	102	102	80	70
6	100	90	60	60

To-be-dried potato chips were 10 x 10 x 3 mm in size, their moisture content and starch being 80–82% and 14–17%, respectively. Prior to drying, the samples were 15 minutes blanched at the temperature of 80 °C.

The individual samples (200 g each) for the evaluation of the course of relative and specific moisture were taken from the individual drying sections every 10 minutes. A total number of places in the drying kiln from which the samples were taken in the course of one repetition was 39. These samples characterized the condition of the dried material in the course of drying for all repetitions.

In order to determine relative (specific) moisture content, each sample was dried in the laboratory temperature controlled oven at the temperature of 105 °C for three hours. Sample moisture content was given by the following relation:

Relative moisture content (%)

$$\varphi_M = \frac{m_M - m_{MS}}{m_M} \cdot 100 \quad (\%)$$

Specific moisture content

$$u = \frac{\varphi_M}{100 - \varphi_M} \quad (\text{kg.kg}^{-1})$$

where:  $m_{MS}$  – mass of product dry matter (kg)  
 $m_M$  – mass of the moist product (kg)

The mass flow of the dried material in the course of the whole drying process was determined according to the following relation:

$$\dot{m}_M = \dot{m}_{MS} \cdot (1 + u) \quad (\text{kg.s}^{-1})$$

Another characteristic measured in the course of the drying process was the expression of the amount of moisture mass removed from the dried material according to the following relation:

$$\Delta \dot{m}_W = \dot{m}_{MI} \cdot \frac{\varphi_{MI} - \varphi_{MII}}{100 - \varphi_{MI}} \quad (\text{kg.s}^{-1})$$

The last value monitored for the measurement and analysis of the drying process was the specific intensity of moisture mass transfer (drying rate). The value was determined by the specific moisture change function derivation according to the drying time ( $N = du/d\tau$ ). The measurement was made for the whole course of the drying process.

A comparison was made from the obtained results of the suitability of drying modes for drying potato chips of Agrie variety.

## RESULTS

### THE COURSE OF RELATIVE AND SPECIFIC MOISTURE CONTENTS OF THE DRIED MATERIAL

The courses of dried material moisture content values were determined from mean values of relative and specific moisture contents in dependence on the drying time for the entire drying process and in the individual drying sections of the drying kiln. These more detailed illustrations of the courses of relative moisture contents in the individual drying sections of the drying kiln facilitate a more detailed analysis of the drying process (Sychra, 1997).

At the beginning of drying, the relative material moisture content for all drying modes ranges between 81.43–81.46%. In the course of drying in Section A1, i.e. for the time of 20 minutes, the moisture content for the selected drying modes drops to 21.02–22.04%. In Section A2 (in 20 minutes), the relative moisture content drops down to 13.97–17.05% according to the selected drying modes. Thus, it is obvious that the Section A2 exhibits considerably greater temperature differences in the individual drying modes.

The drying Section A2 is followed by the so called transition section where the dried material stays 40 minutes. Here the material relative moisture content further drops from 13.97–17.05% down to 12.98–16.11% towards the end of the transition section, i.e. at the beginning of drying Section B. This means that the decrease of material relative moisture content in this stage of drying is only very negligible.

In the next drying Section B the dried material relative moisture content in the course of drying (i.e. in 80 minutes) drops from the initial 12.98–16.11% (accord-

ing to the drying mode) down to 10.44–13.17% on the outlet from the drying Section B.

The drying Section B is again followed by another transition section in which the material relative moisture content is being reduced for 110 minutes only by the delayed action of diffusion induced by heat of the flowing drying medium in the drying environment of Section B. The relative moisture content is reduced here from 10.44–13.17% to 10.19–12.89% for the individual drying modes of the drying kiln.

In the last drying Section C of the drying kiln where the dried material is exposed to the action of drying medium for 70 minutes the relative moisture content is reduced from 10.19–12.89% down to outlet values ranging between 7.35–10.10%.

It is possible to claim that in the comparison with the preceding drying sections the last drying Section C serves only to the so called moisture standardization of the product.

The very last section of the drying kiln – the so called cooling section – is a place where the material relative moisture content is again reduced only due to the reaction induced in the drying Section C from 7.35–10.10% at the end of the drying Section C, i.e. at the beginning of the cooling section, down to final 7.09–10.01% of material relative moisture content at the very end of the drying process, i.e. by merely 0.09–0.33%.

The course of the specific moisture content in dependence on a time of drying is similar as the above expression of the relative moisture content and serves to determine other characteristics of the drying process in the given drying kiln.

#### DRIED MATERIAL MASS FLOW

The entire mass flow of the dried material corresponds with the course of water removal (desorption) of the dried material (Maltry et al., 1975). At the very beginning of drying, the material mass flow acquires the values ranging between 759.96–760.33 kg.hr<sup>-1</sup> in dependence on a material moisture content at its entering the drying kiln. In the course of drying, the dried material mass flow drops with the decreasing moisture content down to 170.45–180.84 kg.hr<sup>-1</sup> towards the end of Section A1, and 163.82–169.95 kg.hr<sup>-1</sup> at the outlet from Section A2. This means in practice that the mass flow is reduced by 29.085–28.961 kg.min<sup>-1</sup> in the course of drying in Section A1 where the greatest reduction of mass material flow of the dried food product occurs in the course of the first 10 minutes in the section by 40.099–37.382 kg.min<sup>-1</sup>. The change in the material mass flow of the dried material in dependence on a drying temperature is represented by the value of -0.24 kg.hr<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup> in Section A1 and by the value of -0.31 kg.hr<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup> in Section A2. This indicates that by increasing the drying temperature by one degree of temperature the mentioned reductions of dried material mass flow will occur in the given sections.

In the course of drying in Section A2 the dried material mass flow reduction is not as high as in Section A1 by 0.732–0.521 kg.min<sup>-1</sup> in dependence on a chosen drying mode of the drying kiln. The pronounced slow down in the reduction of material mass flow in the course of drying in Section A2 as compared to Section A1 results from the decreased moisture content in the dried material.

At drying in Section B the mass flow of the dry material drops to 157.37–162.36 kg.hr<sup>-1</sup> in dependence on the chosen drying mode. The decreased material mass flow in Section B is characterized by values ranging between 4.58–6.57 kg.hr<sup>-1</sup> in the course of drying for 80 minutes. The change of material flow in Section B is expressed by the value -0.17 kg.hr<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup> in dependence on the drying mode.

In the course of drying in drying Section C the mass flow of dry material drops down to 152.11–156.81 kg.hr<sup>-1</sup> with the decrease of dry material mass flow being more pronounced here than in Section B. The decrease represents an approximately identical loss of mass, but in the shorter drying time (70 minutes in Section C).

#### THE COURSE OF AMOUNT OF REMOVED DRY MATERIAL MOISTURE MASS

The amount of moisture mass removed at the beginning of drying prior to the entry of dried material into the first drying kiln section is 0.00 kg.hr<sup>-1</sup>. The first 10 minutes of the drying process exhibit the greatest loss of dried material moisture content ranging between 373.82–400.99 kg.hr<sup>-1</sup> in dependence on the selected drying mode. The values reached in the course of the first ten minutes of drying are highest from the entire drying process when 6.23–6.68 kg.min<sup>-1</sup> moisture content is removed in this stage. In the course of following 10 minutes of drying, the value of removed moisture mass amount drops down to 205.39–180.70 kg.hr<sup>-1</sup> which represents a moisture mass loss of 3.42–3.01 kg.min<sup>-1</sup>. In the course of drying in the second drying section (A2) a further decrease of moisture mass removed can be seen, which is ranging between 0.89–1.98 kg.hr<sup>-1</sup> towards the end of drying in Section A2 (in minute 40 of drying). Obvious is a rapid drop in the amount of moisture mass removal with the prolonged drying time which results from the evaporation of the prevailingly free moisture mass from the dried food product.

The change in the amount of moisture mass removed from the dried material in dependence on the drying mode is represented by 2.72 kg.hr<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup> for drying Section A1 and by 2.50 kg.hr<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup> for drying Section A2. This indicates that if the temperature in the individual sections is changed by one degree Celsius, the amount of removed moisture mass would change accordingly by the mentioned value.

During the time when the material passes the first transition section, another decrease of removed mois-

ture mass amount can be seen due to the initiated reaction; however, after several minutes of drying this drop is nearly stopped and only a negligible amount of moisture mass from the dried material is removed.

The values of removed moisture mass amount increase again in Section B. The highest values of removed moisture mass amount are reached in the second part of drying in Section B – up to  $1.38 \text{ kg}\cdot\text{hr}^{-1}$  in minute 130 for Drying Mode 3. It follows from the course that the values fluctuate in the course of drying in the second half of drying in Section B. The increase and the consequent drop result from the beginning of action of drying medium temperature on the to-be-dried material which passes from the transition section into the drying section. The fact that the dried material leaves the drying section and enters the transition section (the drying medium stops influencing the condition of the dried material) reflects in the dropped amount of moisture mass removed.

After the drying process in Section B is finished and the material gets into the second transition section, the amount of moisture mass removal exhibits again another pronounced drop which nearly reaches the zero value. The course well corresponds with the course of dried material mass flow, which shows only minimum changes during the passage through the second transition section.

By the dried material entering the drying Section C the value of removed moisture mass amount increases again up to max.  $1.51 \text{ kg}\cdot\text{hr}^{-1}$  (for Drying Mode 2) in the second half of drying time in this drying section. The course of removed moisture mass amount is similar for all selected drying modes. At the beginning there is a nearly linear increase up to maximum values for the individual drying modes and then a nearly linear decrease which ends in the cooling section. This increase and consequent decrease of values of removed moisture mass amount are affected (similarly as in Section B) by the beginning and the end of drying medium temperature action on the dried material. The end of the entire process of drying is characterized by the  $0.00 \text{ kg}\cdot\text{hr}^{-1}$  value of immediate removed moisture mass amount.

#### THE COURSE OF SPECIFIC INTENSITY OF DRIED MATERIAL MOISTURE MASS TRANSFER

At the beginning of drying (more precisely on the inlet of the to-be-dried material into the first drying section) the value of moisture mass transfer specific intensity (Fig. 1) is  $0.00 \text{ kg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{sec}^{-1}$ . After the first half of drying in Section A1 the value of moisture mass transfer specific intensity reaches  $2899.54 \times 10^{-6}$  to  $2580.70 \times 10^{-6} \text{ kg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{sec}^{-1}$ . During the following course of drying in Section A1 a rapid drop of values occurs, which are as low towards the end of drying in Section A1 as  $235.65 \times 10^{-6}$  to  $221.84 \times 10^{-6} \text{ kg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{sec}^{-1}$ . In Section A2 the values of moisture mass transfer spe-

cific intensity do not fall in such a pronounced way as in Section A1 (Fig. 2). Towards the end of drying in Section A2 the values of moisture mass transfer specific intensity range between  $85.63 \times 10^{-6}$  to  $67.67 \times 10^{-6} \text{ kg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{sec}^{-1}$ .

The change of moisture mass transfer specific intensity in dependence on a drying mode of the drying kiln for the course of drying in Section A1 can be expressed as  $1.38 \times 10^{-6} \text{ kg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{sec}^{-1}\cdot\text{deg}^{-1}$ .

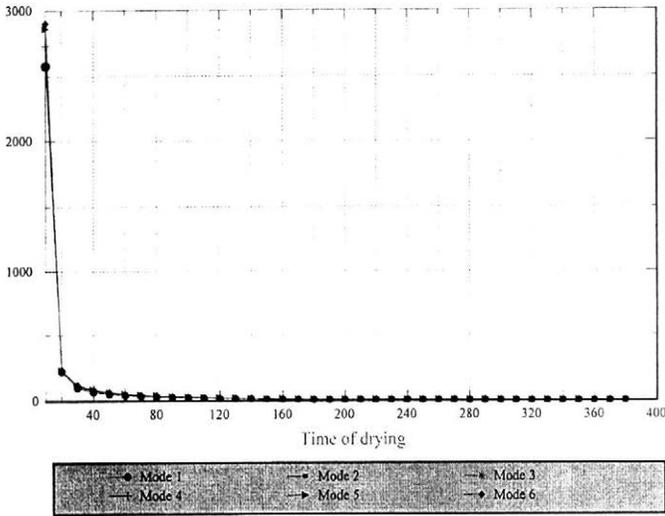
In the course of drying in Section B the values on moisture mass transfer specific intensity (Fig. 3) drop from initial  $31.08 \times 10^{-6} \text{ kg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{sec}^{-1}$  –  $40.01 \times 10^{-6} \text{ kg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{sec}^{-1}$  down to final values found on the outlet from Section B:  $12.15 \times 10^{-6} \text{ kg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{sec}^{-1}$  –  $15.80 \times 10^{-6} \text{ kg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{sec}^{-1}$ . The change of moisture mass transfer specific intensity in dependence on a drying mode is expressed as  $0.12 \times 10^{-6} \text{ kg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{sec}^{-1}\cdot\text{deg}^{-1}$ .

After leaving the drying section B, the dried material exhibits a steady decrease of values until its entering into Section C. There the course again shows a more pronounced drop of moisture mass transfer specific intensity (Fig. 4) from initial  $7.00 \times 10^{-6}$  –  $9.13 \times 10^{-6} \text{ kg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{sec}^{-1}$  to final values of  $3.89 \times 10^{-6}$  –  $5.51 \times 10^{-6} \text{ kg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{sec}^{-1}$  on the outlet from the drying section C. In the last cooling section the change of moisture mass transfer specific intensity is only very negligible, i.e. by  $0.5 \times 10^{-6}$  –  $0.7 \times 10^{-6} \text{ kg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{sec}^{-1}$  from the Section C outlet. The change of moisture mass transfer specific intensity in dependence on a drying mode in Section C, i.e. in dependence on a drying temperature is expressed as  $0.16 \times 10^{-6} \text{ kg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{sec}^{-1}\cdot\text{deg}^{-1}$ .

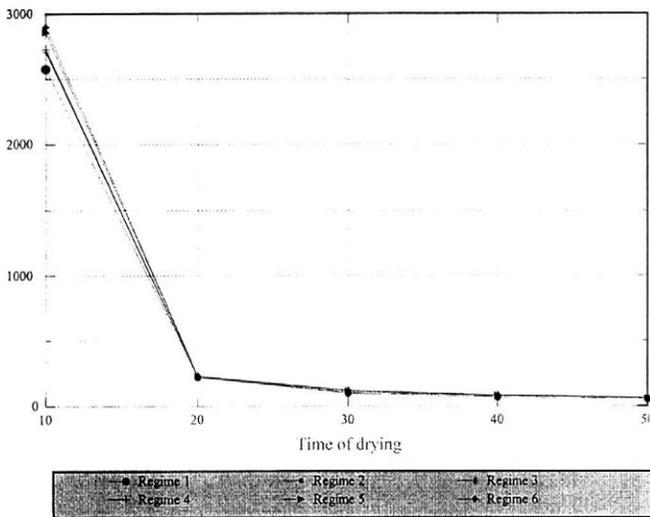
#### DISCUSSION AND CONCLUSION

The analysis of the course of relative and specific moisture content of the dried material in dependence on a drying time and a selected drying mode, i.e. on a temperature of the drying medium acting on the to-be-dried material (drying temperature) reveals the entire course of the drying process. The greatest reduction of moisture content is achieved in the first two sections of the drying kiln, i.e. in the part of the drying process with the highest temperatures where the layer of the to-be-dried material is thinnest due to the high speed of the first belt of the kiln and thus due to the high speed of material being adrift. This means that the moisture content is removed from the material at a higher extent than in other drying sections. From the viewpoint of moisture content values the course of drying is nearly linear from minute 30 of the drying process.

Other drying kiln sections have the temperature set to lower values as well as the belt motion rate which is much slower in the comparison with the first and the second section. The fact reflects in the course of dried material relative and specific moisture contents in the further course of drying.



1. Specific intensity of dried material moisture mass transfer – all sections –  $10^{-6} \text{ kg.kg}^{-1}.\text{s}^{-1}$

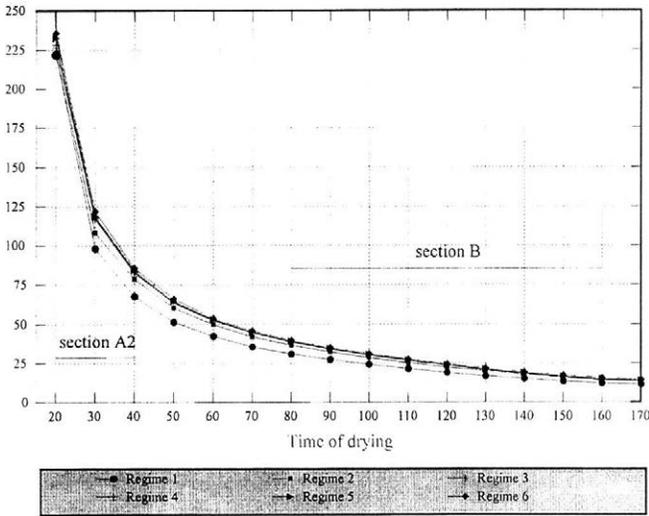


2. Specific intensity of dried material moisture mass transfer – section A1, A2 –  $10^{-6} \text{ kg.kg}^{-1}.\text{s}^{-1}$

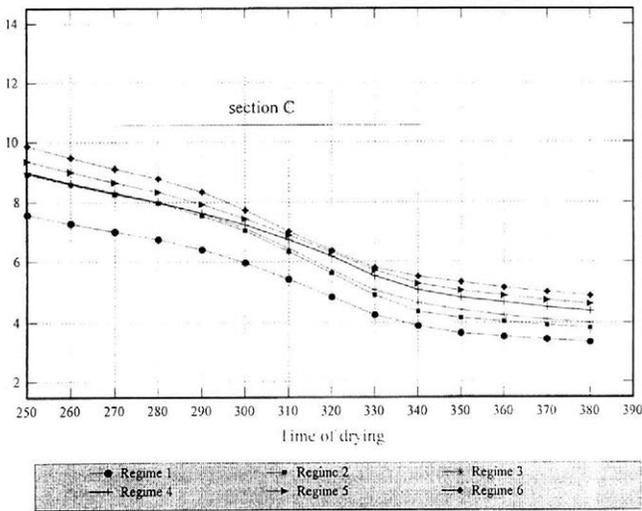
The so called transition sections, too, have a negligible share in the change of moisture content in the dried material since in them the material drifted by the drying kiln belt is not exposed to any effect of heat from the flowing drying medium. Thus, an entirely minimum changes in dried material moisture content occur in these transition sections, which are a mere consequence of the earlier induced internal reaction of moisture evaporation from the material surface. The significance of transition section from the viewpoint of the change of dried material moisture content can be

seen in the fact that there is an internal moisture tension inside the dried material due to temperatures of the flowing drying medium. Also, there is a difference of partial cell pressures on the surface and inside the dried potato chips, which are being compensated in the transition sections of the drying kiln by the transport of bound moisture from the internal part of the material towards its surface.

The changes of moisture content in the course of drying are manifested also in the course of other studied parameters that issue from the change of material



3. Specific intensity of dried material moisture mass transfer – section B –  $10^{-6} \text{ kg.kg}^{-1}.\text{s}^{-1}$



4. Specific intensity of dried material moisture mass transfer – section C –  $10^{-6} \text{ kg.kg}^{-1}.\text{s}^{-1}$

moisture content as it is the case of the courses of dried material mass flow, amount of removed moisture, and specific intensity of moisture mass transfer during the individual stages of drying.

The mass flow of dried material is to a greater extent affected by the course of its moisture content. The greatest reduction in the mass flow of dried material in the process of drying occurs during the first stage of drying (in the course of the very first 20 minutes) where the to-be-dried material is exposed to the action of the drying medium in Section A1. In the following

course there are only negligible deviations from a nearly linear course of material mass flow. The material mass flow values show pronounced changes when passing through the drying sections. When the dried material passes through the transition sections where it is not exposed to the effects of the drying medium, no pronounced changes occur (Sychra, 1997).

The change of dried material mass flow is accompanied by changes in the amount of removed moisture mass that directly affect the material flow through the drying kiln. With the increasing total removed moisture

the material exhibits a reduced mass. This first shows in the mass flow of the material. In the course of the removed moisture mass amount flow it is clearly obvious when the dried material is affected by the drying environment and when the above described material cell pressure compensation and moisture transport to the material surface occur. The highest values of removed moisture mass amount are reached in the course of drying in the first two sections of the drying kiln – A1 and A2.

It is especially the first section where the temperature effect of the drying medium shows. In the first ten minutes the greatest amount of moisture mass removal occurs in the drying mode in which the highest temperature of all temperatures used was applied, and with the decreasing temperature in Section A1 a drop of moisture mass removal values can be seen as well. The amount of removed moisture mass is lowest in the drying mode with the highest temperature and -in contrast- the amount of removed moisture mass in the lowest temperature is highest. This is apparently due to the fact that the greater part of free moisture content (water) is removed in the course of the first ten minutes due to the action of high temperature, which occurs mainly on the surface of the dried material and later the material does not have sufficient free moisture. This is why the value of removed moisture mass amount drops as well.

On the opposite, a greater amount of moisture remains on the material surface and near under the surface in drying modes with the lower temperature of drying environment after several first minutes of drying. The moisture is removed at a reduced intensity. It is possible to claim on the basis of these results that the faster and more intensive removal of moisture results also in the increased internal tension inside the cells of the dried material. It follows that these cells suffer greater damage which results in the impaired quality of final product. It is possible to deduce from this fact that although the high temperatures are good to rapidly reduce the moisture of the dried material, their use is not recommended with the regard to the final quality of the dried product.

In the following transition sections the values of removed moisture mass amount fall again due to the above described effect of moisture transport from inside of the material onto its surface. The second transition section provides enough space with its length, i.e. with the delay of the dried material in this part of the drying kiln, to balance osmotic pressures within the cells of the dried material as well as to bring to the balance the moisture content within the whole volume of dried particles. The moment helps to the fact that in the following last drying section of the drying kiln a standardization of final moisture in the dried material takes place due to the effect of drying medium temperatures and a final amount of moisture is removed, that can be removed from the material by drying under given conditions.

The fact that the drying process has been finished and the maximum amount of moisture mass removed can be corroborated by the value of immediate removed moisture mass being a zero at the end of the whole drying process. The fact also affects the material and its quality at packaging and further processing since the zero values of removed moisture mass amount provide an evidence that the dried material is no longer affected by moisture content removal and there is no danger of the continuing moisture diffusion onto the material surface.

The above statements about the pronounced drying effect of the drying medium particularly in the first section of the drying kiln are also confirmed by the course of values of moisture mass transfer specific intensity. It is obvious that the moisture mass transfer specific intensity drops with the increasing temperature of the drying medium. The highest value is reached in the first ten minutes of drying, i.e. at the time when the moisture mass removal from the dried material is greatest. In the course of next ten minutes the values of moisture mass transfer specific intensity fall down by more than 1/10. In the course of drying in the second section the drop is no longer so pronounced. The course of these values confirms a hypothesis about the major part of moisture content being removed from the dried material in the form of free moisture mass in the first two sections of the drying kiln.

The further course of drying at the time of material passage through the transition section and the drying section B already indicates the removal of bound moisture mass. This continual course and the nearly linear course through Section B and the second transition section is changed by the dried material entering into Section C where the last decrease of moisture mass transfer specific intensity occurs. In the last cooling section the moisture mass transfer specific intensity of the passing dried material exhibits only a negligible change which confirms the above statement about the finalization of the drying process from the viewpoint of a possibility to remove moisture from the dried material.

The above findings indicate that the process of drying is most markedly influenced by drying medium temperatures in the first two sections of the drying plant (A1, A2) and by drying in sections B and C. The influence of transition sections between the sections A2 and B and between the sections B and C is very low from the viewpoint of the direct influencing of dried material properties. The effect of the final cooling section of the drying kiln consists only in the cooling of the dried material prior to its packaging and in the internal compensation of remaining moisture across the whole section of the dried material.

A drying mode was chosen and further recommended on the basis of these analyses, which was best at meeting the conditions of final customers, i.e. according to the final moisture mass in the dried material. The optimum required final moisture content (relative moisture content of 7.5 to 8.5%) was achieved by Dry-

ing Mode 3 with the following drying medium (air) temperatures in the drying space: Section A1 = A2 = 105 °C, B = 80 °C, C = 60 °C.

#### REFERENCES

- Brabec M. (1970): Některé poznatky při sušení zemědělských produktů. [Dílčí zpráva.] Výzk. ústav zeměd. techniky, Praha.
- Maltry W., Pötke E., Schneider E. (1975): Landwirtschaftliche Trocknungstechnik. VEB Berlin.
- Sychra L. (1997): Sušení brambor pro potravinářské účely. [Doktorská disertační práce.] MZLU, Brno. 186 s. – Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. Agronomická fakulta.
- Šimek J. (1978): Využití brambor v potravinářském průmyslu. [Dílčí zpráva.] Výzk. ústav bramborářský, Havlíčkův Brod.

Received on July 31, 1998

---

#### Contact Address:

Dr. Ing. Luboš Sychra, Mendel University of Agriculture and Forestry, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Czech Republic, tel.: +420 5 45 13 29 18, fax: +420 5 45 13 29 14, e-mail: sychra@mendelu.cz

---

# PROPOSAL OF A NEW METHOD OF CONTROL OF THE NEAR AMBIENT AIR DRYING PROCESS OF FORAGE IN A DEEP LAYER IN REAL TIME

NÁVRH NOVÉHO ZPŮSOBU ŘÍZENÍ PROCESU SUŠENÍ PÍCE VE VYSOKÉ VRSTVĚ NETEMPEROVANÝM VZDUCHEM V REÁLNÉM ČASE

J. Štencl<sup>1</sup>, P. Homola<sup>1</sup>, V. Sladký<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mendel University of Agriculture and Forestry, Brno, Czech Republic

<sup>2</sup>Research Institute of Agricultural Engineering, Praha, Czech Republic

**ABSTRACT:** Good quality hay production in barns requires automation of farm operations. The paper presents control algorithms for near ambient air drying of fresh mowed forage (bird's foot trefoil *Lotus corniculatus* L.) on grates. The depth of layer of the material stored was 1.3 m. No moisture condensation appeared during drying tests. Major factors controlling the drying process through fan operation on/off, i.e. near ambient air temperature, relative air humidity, and temperature of the material stored, were continuously measured and recorded in real time. Another control variable was equilibrium moisture content of the hay produced (*Lotus corniculatus* L.), presented in graphs as water sorption isotherms. The dependence of equilibrium moisture content of *Lotus corniculatus* L. on equilibrium relative air humidity was tested both for leaves and stems. The predetermined maximum possible temperature of forage in a barn was 37 °C during near ambient air drying process.

hay; humidity; real time control; sorption isotherm; temperature

**ABSTRAKT:** Efektivní výroba kvalitního sena dosoušením na rostech v halových skladech vyžaduje v současné době řízený proces provětrávání. Řízené provětrávání zvyšuje bezpečnost provozu, snižuje energetickou náročnost a v neposlední řadě umožňuje dosoušet i za nepříznivých povětrnostních vlivů, především při vysoké relativní vlhkosti okolního vzduchu. V článku je popsáno řízené provětrávání čerstvě pokosené píce (štírovník růžkatý, *Lotus corniculatus* L.) na rostech v halovém skladu za proměnlivých klimatických podmínek. Vnitřní logická struktura řízení vychází primárně z relativní vlhkosti okolního vzduchu. Je-li její hodnota nižší než předem nastavená maximální přípustná hodnota odpovídající rovnovážné vlhkosti naskladněného materiálu, je dosoušení vždy možné, ventilátor je zapnut. Jestliže relativní vlhkost dosáhne úrovně vyšší než předem nastavené, proces provětrávání se stává funkcí teploty materiálu. Je-li teplota nižší než maximálně povolená (obvykle v rozmezí 34 až 39 °C), ventilátor je vypnut, je-li vyšší, je provětrávání spuštěno. Při praktických měřeních činila výška vrstvy naskladněného materiálu průměrně 1,3 m. Během provozních testů kondenzační vrstva v dosoušené pici nikdy nevznikla. Jako tři hlavní veličiny pro řízení procesu provětrávání (zapínání a vypínání ventilátoru) byly kontinuálně měřeny a zaznamenávány již uváděné teploty vzduchu a píce a relativní vlhkosti vzduchu. Dalším řídicím parametrem byla rovnovážná vlhkost sena (štírovník růžkatý, stonky a lístky), jež je v předkládané práci znázorněna ve formě grafických závislostí vlhkost materiálu – aktivita vody pro rozsah teplot 30 až 50 °C a také matematicky jako rovnice sorpčních izoterm. Změny měřených a řídicích veličin v reálném čase 75 hodin po naskladnění píce a při jejím provětrávání jsou uvedeny v diagramu včetně intervalů zapnutí a vypnutí ventilátoru. Předem nastavená maximálně přípustná teplota píce činila 37 °C. Na grafickém průběhu sledovaných veličin jsou zřejmé, především v prvních patnácti hodinách provětrávání, samozáhřevy vrstvy dosoušeného materiálu a následné snižování její teploty v důsledku ventilace. Diagram ukazuje i možnost dosoušení při nepříznivých povětrnostních podmínkách (relativní vlhkost okolního vzduchu vyšší než 85 %).

řízení v reálném čase; sorpční izoterma; seno; teplota; vlhkost

## INTRODUCTION

The importance of hay for cattle feeding was assessed differently in the past. As result, quantities produced in particular years differed markedly. Hay pro-

duction depends on geographical and climatic conditions, however, hay remains an irreplaceable component of cattle feed, particularly for calves (Lofgreen et al., 1981) and also for dairy cows. Efforts to increase its production are motivated by attempts to increase the

ratio of dry feed in winter with the aim to reduce the amount of acids in silage per unit of dry matter. The importance of vitamin value of good-quality hay is not negligible, either. Hay production is, therefore, expected to continue or increase again in the future.

The analysis of main problems concerning hay production shows, that from the viewpoint of quality and energy demands, the low drying capacity of near ambient air blown in by fans to wilted hay layer on grates in hay barns is the decisive adverse factor. Moreover, this problem cannot be overcome by increasing the amount of the air blown in. In case of grass, the optimum of initial moisture content (m.c.) at the beginning of the drying process on grates in a barn is considered 30 to 35% (w.b.). This level can be achieved, e. g. by pre-drying of the mowed forage on the windrow (Savoie et al., 1992).

A tonne of hay of 16% m.c. (w.b.) is produced by removing approximately 3200 kg water from about 4200 kg fresh mowed forage (initial m.c. 80% w.b.). Of this amount of water, about 7% is removed on grates in a barn, the remaining on windrows. With the average water-holding capacity of near ambient air 0.7 g water per m<sup>3</sup>, almost 300,000 m<sup>3</sup> of air must be blown away in the hay barn for each tonne of hay (final m.c. 16% w.b.). As a rule, hay barns have 4 to 8 fans usually with an output of 30,000 m<sup>3</sup> air per hour.

There are several ways how to increase efficiency of hay production in barns:

- chemical treatment of material dried (Rotz, Thomas, 1988)
- moderate heating of the drying air, e.g. using solar energy (Jacob et al., 1992)
- control of the drying process.

Automatic control of fan operation (on/off) is an important factor in increasing the quality and effectiveness of the drying process in a barn, which may be also essential for low-energy drying. A number of empirical algorithms have been proposed to describe and predict the drying of forage (Dyer, Brown, 1977; Lovering, McIsaac, 1981; Savoie, Mailhot, 1986). In all cases the drying characteristics of hay depend on temperature and relative air humidity, water transfer coefficient, initial m.c. and equilibrium m.c. (Patil et al., 1993).

In practice, hay is mostly dried in a deep layer on the grates. It is difficult to analyse the drying characteristics of the deep layer directly. It is assumed that a deep layer is composed of several thin layers, which are consecutively investigated. Several equations are used to describe the drying characteristics of forage in a thin layer. The decreasing rate drying model suggested by Hall (1957) is still widely used in the literature to predict hay drying rate (Rotz, Sprot, 1984)

$$\frac{dw}{dt} = -k \cdot (w - w_e) \quad (1)$$

where:  $w$  - moisture content of the forage  
 $w_e$  - equilibrium moisture content of the forage  
 $t$  - time  
 $k$  - drying constant

The solution of equation (1) is obtained after defining a boundary condition, namely  $w = w_0$  (initial moisture content) at  $t = 0$

$$\frac{w - w_e}{w_0 - w_e} = \exp(-kt) \quad (2)$$

In equation (2), there are two parameters to be estimated,  $k$  and  $w_e$ . Determination of the drying constant was a subject of numerous studies (Savoie et al., 1982; Rotz, Chen, 1985). Rotz and Sprott (1984), for example neglected equilibrium moisture content ( $w_e = 0$ ) when they calculated the drying constant  $k$ . The error is minimal for moisture contents above 1 g water/g d.b., but becomes significant when moisture content approaches the real equilibrium moisture content, as shown by Pitt (1993). In such cases, which are most important in practice, it is necessary to estimate equilibrium moisture content  $w_e$ .

## OBJECTIVES

The aim of this study is to characterise a drying process of hay in a barn in real time under varying weather conditions, to develop consequently a way of control of ventilation and to describe its internal logical structure. Furthermore to choose a model of equilibrium moisture content (*EMC*) of a selected forage (*Lotus corniculatus* L.), i.e. dependence of *EMC* on equilibrium relative air humidity (*ERH*) or water activity  $a_w$ , and to apply *EMC/ERH* knowledge to the control of this drying process.

## MATERIALS AND METHODS

Fresh mowed forage (*Lotus corniculatus* L.) was used to establish a trial of near ambient air drying in one section of a hay barn. The depth of forage on the grates was 1.3 m in average. A condensation layer never occurred in the material dried during ventilation. The following values were continuously measured and recorded:

- near ambient air temperature;
- relative humidity (*RH*) of near ambient air;
- temperature of the material dried;
- intervals of fan operation (on/off).

The trial was repeated consequently ten times under varying weather conditions. The temperature was measured using resistant sensors and relative air humidity by capacity sensors. The maximum temperature of hay was predetermined on 37 °C because of the danger of spontaneous heating and following risk of ignition.

At the end of ventilation and drying process of forage on grates in a barn a balance was followed of *EMC/ERH*, i.e. the water adsorption and desorption from the hay stored. Final moisture content of hay was 16% (w.b.). The sorption isotherms of hay *Lotus cor-*

*niculatus* L. (leaves and stems) in the temperature range of 30–50 °C are shown in Figs 1–4. The mathematical model that fits the equilibrium EMC/ERH data of stems best both for adsorption and desorption was found to be the exponential equation (Štencl et al., 1998)

$$w_e = (A + B \cdot T) \cdot \exp(C \cdot a_w) \quad (3)$$

Equilibrium moisture content of leaves was described mathematically as follows (Štencl et al., 1998b): adsorption

$$w_{e,at} = (A + B \cdot T) \cdot \exp(C \cdot a_w) \quad (4)$$

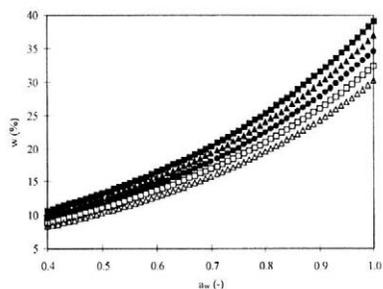
desorption

$$w_{e,dc} = (A + B \cdot T) \cdot a_w^C \quad (5)$$

## RESULTS AND DISCUSSION

The dynamics of the pattern of particular parameters measured (temperature of the material stored, near ambient air temperature, relative air humidity, and ventilation on/off) during the drying process of fresh mowed forage *Lotus corniculatus* L. is evident in diagram (Fig. 5). The pattern represents typical near ambient air

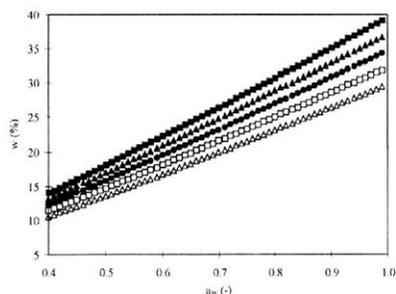
drying process of forage in a deep layer on grates under unfavourable weather conditions. Relative air humidity was about 85% and air temperature 21 °C at the time of loading the forage into the section of a barn. A period of the first 75 hours after loading a single layer with the average depth 1.3 m is demonstrated. The diagram shows a gradual increase in the temperature of freshly loaded forage caused by spontaneous selfheat-



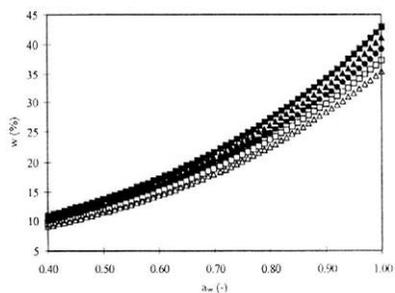
1. Adsorption isotherms of leaves of *Lotus corniculatus* L.

Figs 1–4:

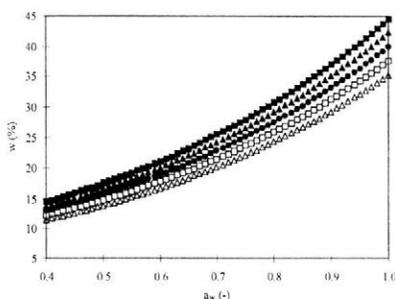
w – moisture content of the material (w.b.);  $a_w$  – water activity  
 ■ 30 °C, ▲ 35 °C, ● 40 °C, □ 45 °C, △ 50 °C



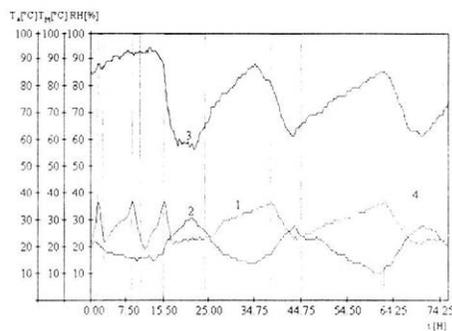
2. Desorption isotherms of leaves of *Lotus corniculatus* L.



3. Adsorption isotherms of stems of *Lotus corniculatus* L.



4. Desorption isotherms of stems of *Lotus corniculatus* L.



5. Diagram of the drying process of fresh forage *Lotus corniculatus* L on grates in a barn

1 – temperature of the material stored ( $T_M$ ); 2 – near ambient air temperature ( $T_A$ ); 3 – relative air humidity (RH); 4 – ventilation on/off in real time (t)

ing till the time, when the temperature reached 37 °C. This stage was recorded after one and half hour. At this time a fan started to work automatically. During ventilation, when the temperature of forage gradually decreased, there was an increase in dry matter content. The temperature difference 16 °C between near ambient air and the forage loaded was utilised for the drying process, although the RH of near ambient air was above 85%. When this difference in temperatures was falling down to about 3 °C after three hours, the drying effect of the air became reduced and for this reason the fan was switched off. This procedure was repeated still twice. After 17 hours of the drying process the temperature of near ambient air was higher than the temperature of the forage and relative air humidity decreased on 60%. These conditions were advantageous for drying and the fan operated continuously.

#### INTERNAL LOGICAL STRUCTURE OF THE HAY DRYING CONTROL

The internal logical structure of the hay drying control in a barn basically depends on near ambient air RH. If its value is lower than the preset maximum value (depends on EMC, see Figs 1–4), the fan is switched on. If the RH is higher than the preset maximum value, the process of control starts:

- if the temperature of the material is lower than the maximum permissible value, the fan is switched off;
- if the temperature of the material exceeds the permissible value, the fan is switched on;
- if the temperature of the forage falls down to the temperature similar to the temperature of the drying air, the fan is switched off.

#### CONCLUSIONS

The actual drying process of forage in a deep layer in a barn was controlled predominantly by the temperature of the forage loaded or by the critical value of RH. It depends on EMC of the material dried. When the preset limit values of these quantities are reached, a signal is produced to switch on/off the fan. This procedure is also suitable with respect to fire prevention. The maximum possible temperature of forage in a barn could be in practice lower than predetermined value 37 °C in presented tests.

The ways of control indicate that the process of controlled short-term spontaneous heating could be used, to some extent, for drying forage in a barn even under high RH of the drying air.

#### ACKNOWLEDGEMENT

The study was supported by the 7MZ7315 grant awarded through the Ministry of Agriculture of the Czech Republic.

#### REFERENCES

- Dyer J. A., Brown D. M. (1977): A climatic simulator for field-drying hay. *Agric. Meteorol.*, 78, 37–48.
- Hall C. W. (1957): *Drying farm crops*. Westport, Connecticut, AVI Publishing Co., 17–29.
- Jacob A., Lhoste B., Bochu J. L., Deconchat M. (1992): Solar drying of agricultural products in Europe and potential development in the European Community. *Toulouse. Solagro Study*, 21–41.
- Loving J., McIsaac, J. A. (1981): A timothy-beef production model for Atlantic Canada. *Agric. Syst.*, 7, 219–233.
- Lofgreen G. P., Tayeb A. E., Kiesling H. (1981): Millet and alfalfa hayes alone and in combination with high-energy diet for receiving stressed calves. *J. anim. Sci.*, 52 (5) 959–968.
- Patil R. T., Sokhansanj S., Arinze E. A. (1993): Methods of expecting drying rates of chopped alfalfa. *Trans. ASAE*, 36 (6) 1799–1803.
- Pitt R. E. (1993): Forage drying in relation to pan evaporation. *Trans. ASAE*, 36 (6) 1933–1937.
- Rotz C. A., Chen Y. (1985): Alfalfa drying model for the field environment. *ASAE Paper No. 85–1025*. ASAE St. Joseph, Michigan.
- Rotz C. A., Sprott D.J. (1984): Drying rates, losses and fuel requirements for mowing and conditioning alfalfa. *Trans. ASAE*, 27 (3) 715–720.
- Rotz C. A., Thomas J. V. (1988): Comparison of chemicals to increase alfalfa drying rate. *Appl. Engng Agric.*, (3) 47–53.
- Savoie P., Mailhot A. (1986): Influence of eight factors on the drying rate of timothy hay. *Can. agric. Engng*, 28 (2) 145–148.
- Savoie P., Beauregard S., Desilets D. (1992): Windrow inversion and climate influences on hay drying and quality. *Can. agric. Engng*, 34 (1) 61–67.
- Savoie P., Brook R. C., Rotz C. A. (1982): Empirical model for field drying of alfalfa. *ASAE Paper No. 82–1528*. ASAE St. Joseph, Michigan.
- Štencl J., Gotthardová J., Sladký, V. (1998): Vliv teploty na sorpční izotermy lístků štirovníku růžkatého *Lotus corniculatus* L. *Acta Univ. Agric. Silv. Mendel. Brunen.* (1) 111–118.
- Štencl J., Gotthardová J., Homola P. (1998a): Influence of temperature on sorption isotherms of stems of *Lotus corniculatus* L. *Zeměd. Techn.*, 44 (2) 57–61.

Received on July 9, 1998

---

#### Kontaktní adresa:

Doc. Ing. Jiří Štencl, CSc., Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika, fax: 05 45 21 20 44, e-mail: stenc1@mendelu.cz

---

## 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, mezí řádky dvojitě mezeru. 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 nedostatecích a práce se konfrontuje s výsledky dříve publikovanými (požaduje se citovat jen ty výsledky, 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 redakcí přijat k evidenci, nebude-li po formální stránce odpovídat pokynům pro autory.**

## CONTENT

Polák M., Poničan J., Jech J., Angelovič M.: Comparison of cultivating root vegetables in soil prepared by the classical method and in ridges (in English).....	1
Žigová A.: Impact of terracing on physical properties of cinnamonic soils in Kirghizia.....	9
Marko J.: The application of interactive computing system of mechanics of continuum at tenacity analysis of cutting mechanism knife.....	15
Jelínek A., Češpiva M., Pliva P.: Monitoring of ammonia emissions from farming activities.....	19
Sychra L., Mareček J.: Optimizing the process of drying potatoes in the drying plant Proctor & Schwartz (in English).....	29
Štencl 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 (in English).....	37

## OBSAH

Polák M., Poničan J., Jech J., Angelovič M.: Porovnanie pestovania koreňovej zeleniny na pôde pripravenej klasickým spôsobom a v hrobliach.....	1
Žigová A.: Vliv terasování svahů na fyzikální vlastnosti skořicových půd v Kirgizii.....	9
Marko J.: Aplikácia interaktívneho výpočtového systému mechaniky kontinua pri pevnostnej analýze noža rezného mechanizmu.....	15
Jelínek A., Češpiva M., Pliva P.: Zjišťování emisí amoniaku ze zemědělské činnosti.....	19
Sychra L., Mareček J.: Optimalizace procesu sušení brambor v sušárně Proctor & Schwartz.....	29
Štencl J., Homola P., Sladký V.: Návrh nového způsobu řízení procesu sušení píce ve vysoké vrstvě netemperovaným vzduchem v reálném čase.....	37

## ŽIVOTNÍ JUBILEA

K životnímu jubileu prof. Ing. Jána Jecha, PhD. ....	28
--	----