

Journal of
FOREST SCIENCE

Volume 46, No. 6, June 2000

PRAGUE 2000
ISSN 1212-4834

CZECH ACADEMY OF AGRICULTURAL SCIENCES
INSTITUTE OF AGRICULTURAL AND FOOD INFORMATION

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

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

Managing Editorial Board – Redakční rada

Chairman – Předseda

Prof. Ing. Vladimír Chalupa, DrSc., Praha

Members – Členové

Prof. Ing. Jiří Bartuňek, DrSc., Brno

Ing. Josef Běle, CSc., Praha

Doc. Ing. Josef Gross, CSc., Praha

Doc. Ing. Jaroslav Koblížek, CSc., Brno

Prof. Ing. Jan Koubka, CSc., Praha

Ing. Vladimír Krejmer, CSc., Praha

Ing. Václav Lochman, CSc., Praha

Ing. František Šach, CSc., Opočno

RNDr. Stanislav Vacek, CSc., Opočno

Advisory Editorial Board – Mezinárodní poradní sbor

Prof. Dr. Don J. Durzan, Davis, California, U.S.A.

Prof. Dr. Lars H. Frivold, Aas, Norway

Prof. Ing. Milan Hladík, CSc., Zvolen, Slovak Republic

Prof. Dr. Andrzej Jaworski, Krakow, Poland

Prof. Dr. Hans Pretzsch, Freising, Germany

Prof. Dr. Franz Schmithüsen, Zurich, Switzerland

Prof. Dr. Dr. h. c. Branislav Sloboda, Göttingen, Germany

Dr. Jack R. Sutherland, Victoria, B.C., Canada

Prof. Dr. Sara von Arnold, Uppsala, Sweden

Prof. Dr. Nikolaj A. Voronkov, Moskva, Russia

Dr. Sven de Vries, Wageningen, Netherlands

Executive Editor – Vedoucí redaktorka

Mgr. Radka Chlebečková, Praha, Czech Republic

Scope: The journal publishes original results of basic and applied research from all fields of forestry related to European forest ecosystems.

Abstracts from the journal are comprised in the databases: Agris, CAB Abstracts, Czech Agricultural Bibliography, Toxline Plus.

Periodicity: The journal is published monthly (12 issues per year), Volume 46 appearing in 2000.

Acceptance of manuscripts: Two copies of manuscript should be addressed to: Mgr. Radka Chlebečková, executive editor, Institute of Agricultural and Food Information, Slezská 7, 120 56 Praha 2, tel.: 02/24 25 51 06, fax: 02/24 25 39 38, e-mail: forest@uzpi.cz. The day the manuscript reaches the editor for the first time is given upon publication as the date of receipt.

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 2000 is 195 USD (Europe), 214 USD (overseas).

Actual information are available at URL address: <http://www.uzpi.cz>

Odborná náplň: Časopis publikuje původní výsledky základního a aplikovaného výzkumu ze všech oborů lesnictví, mající vztah k evropským lesním ekosystémům.

Abstrakty z časopisu jsou zahrnuty v těchto databázích: Agris, CAB Abstracts, Czech Agricultural Bibliography, Toxline Plus.

Periodicita: Časopis vychází měsíčně (12x ročně), ročník 46 vychází v roce 2000.

Přijímání rukopisů: Rukopisy ve dvou vyhotoveních je třeba zaslat na adresu redakce: Mgr. Radka Chlebečková, vedoucí redaktorka, Ústav zemědělských a potravinářských informací, Slezská 7, 120 56 Praha 2, tel.: 02/24 25 51 06, fax: 02/24 25 39 38, e-mail: forest@uzpi.cz. Den doručení rukopisu do redakce je publikován jako datum přijetí k publikaci.

Informace o předplatném: Objednávky na předplatné jsou přijímány pouze na celý rok (leden–prosinec) a měly by být zaslány na adresu: Ústav zemědělských a potravinářských informací, Slezská 7, 120 56 Praha 2. Cena předplatného pro rok 2000 je 816 Kč.

Aktuální informace najdete na URL adrese: <http://www.uzpi.cz>

INFLUENCE OF CLIMATIC CHANGES ON NORWAY SPRUCE OCCURRENCE IN THE WEST CARPATHIANS

VPLYV KLIMATICKÝCH ZMIEN NA VÝSKYT SMREKA V OBLASTI ZÁPADNÝCH KARPÁT

J. Mindáš¹, J. Škvarenina², K. Střelcová², T. Priwitzer¹

¹Forest Research Institute, T. G. Masaryka 22, 960 92 Zvolen

²Technical University, Faculty of Forestry, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen

ABSTRACT: In the present paper we tried to evaluate and predict the influence of the expected climatic changes on bioclimatic conditions of spruce occurrence in the West Carpathians according to objective criteria and the four different methodological approaches. For determination of the impacts of a climate change on patterns of land cover with spruce a climate-vegetation classification model was used (Holdridge life zone classification model). For prediction of changes in the composition and productivity of spruce stands in response to a climate change the Forest Gap Model was used. Besides this we made a direct analysis of relevant bioclimatic variables and estimated precipitation sufficiency of spruce. By comparing different methods we tried to obtain reliable results of the influence of climatic changes on the present and future occurrence of spruce and its future cultivation in the West Carpathians.

Norway spruce; climatic models; bioclimate range; precipitation sufficiency

ABSTRAKT: Príspevok sa zaoberá analýzou vplyvu klimatických zmien na výskyt smreka v oblasti západných Karpát. Pôsobenie očakávaných klimatických zmien na bioklimatické podmienky výskytu smreka v oblasti západných Karpát sme zhodnotili a prognózovali podľa objektívnych kritérií a štyroch odlišných metodických postupov. Na plošnú analýzu zmien bioklimatických podmienok existencie lesných spoločenstiev bol použitý Holdridge model, na stanovenie vývoja lesného ekosystému vplyvom zmien environmentálnych podmienok sme použili Forest Gap Model. Ďalej bol v práci zhodnotený bioklimatický areál smreka vo vzťahu ku klimatickým zmenám a zrážková zabezpečenosť smrekových porastov. Vzájomnou komparáciou získaných výsledkov boli stanovené podmienky výskytu smreka v jednotlivých vegetačných stupňoch a perspektívy ďalšieho pestovania smreka v oblasti západných Karpát.

smrek obyčajný; modely klímy; bioklimatické areály; zrážková zabezpečenosť

INTRODUCTION

Over the last two centuries, Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) has become the most spread commercial tree species in Western and Central-Eastern Europe (Mrázek, Pařez, 1986). Relatively simple cultivation, fast growth, high production, wide utilization of its wood, need for afforestation of non-forest land in connection with the endeavour to reach the highest possible yield have lead to such a fact that spruce cultivation has spread even beyond its original (mountain) range, mainly to lower locations, even lowlands. According to Hladík (1996), the present proportion of

spruce (ca. 30%) in the tree species composition of the forests of Slovakia differs pronouncedly from its original representation (ca. 8%).

Spruce cultivation on large areas beyond its natural range has brought about both advantages and numerous problems in this country but mainly in Central-Western Europe. Being cultivated at unsuitable sites, spruce lost its natural resistance and became susceptible to different noxious agents. It was affected by gale and snow-break disasters devastating the pure plantations in the course of the 19th and the 20th centuries. In addition to abiotic (snow, wind, drought) and biotic noxious agents (bark beetles, gypsy moth) there is another dangerous

The authors wish to express their thanks to the VEGA Grant Agency for subsidizing project No.: 1/6060/99, 1/5222/98, 1/6276/99 within which the article was written.

agent – local and regional air pollution in the 70-ies of this century. The negative influence of chemically loaded climate has been growing in a geometrical series so that at present we have to face the problems of immissions as well as the global changes in the atmosphere leading to climatic changes (Schlaepfer, 1993; Mindáš, Škvarenina, 1994, and others).

With regard to expected climatic changes, for which precipitation deficiency and increased air temperatures have been predicted (Lapin, 1996), spruce seems to be an extremely endangered tree species, mainly in the areas beyond its natural range. Spruce requirements for environmental conditions were summarized by Schmidt-Vogt (1977), Pagan (1992), Mindáš (1997) and others. In their works they found its high requirements for water as well as ecological linkage to a relatively cool mountain climate.

The aim of this work is to evaluate the influence of climatic changes on the present and future occurrence of spruce by using different methods. By comparing them we tried to obtain reliable results in order to answer the questions mainly with respect to future spruce cultivation in the West Carpathians.

METHODS

We tried to evaluate and predict the influence of the expected climatic changes on bioclimatic conditions of spruce occurrence in the West Carpathians according to objective criteria and the four different methodological approaches. They were aimed at the following items:

- climate-vegetation classification model (Holdridge life zone classification model), to evaluate the impacts of a climate change on patterns of land cover with spruce,
- the use of Forest Gap Model to predict changes in the composition and productivity of spruce stands in response to a climate change,
- direct analysis of relevant bioclimatic variables,
- precipitation sufficiency of spruce for the period from May to August characterized by the greatest water uptake due to physiological processes connected with biomass production.

All characteristics were estimated for three altitudinal geographical zones (Randuška et al., 1986), lowland and upland zone – up to 500 m above sea level, submontane and montane zone – from 500 m to 1,000 m above sea level, supramontane zone – above 1,000 m above sea level.

Climate change scenarios

To determine the climatic values for the 2 x CO₂ condition, which is to be expected about 2070, the results of regional scenarios of the climatic change for the territory of Slovakia (Lapin et al., 1995) have been used, from which the values according to the CCCM (Canadian Climate Centre Model), GISS (Goddard Institute for Space Studies) and GFD3 (Geophysical Fluid Dynamics Laboratory) have been applied. Regional analysis of the results of GCMs models for the territory of Slovakia was made by Lapin et al. (1995) and results are presented in Tables I and II.

I. Monthly spatial averages of air temperature (°C) for Slovakia (Tn) (period 1951–1980) and regional modifications of average monthly air temperature differences (dT = Tscenario – Tn) for GCMs scenarios 2 x CO₂ (CCCM, GISS, GFD3)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Tn	-3.8	-1.8	2.2	7.7	12.5	16.1	17.5	16.8	13.0	8.0	3.0	-1.5
dT												
CCCM	3.7	4.5	4.3	3.2	2.9	3.0	3.3	3.2	3.6	3.4	2.7	2.8
GISS	5.7	5.4	5.0	3.9	3.2	2.6	2.4	2.4	3.6	4.5	4.7	5.1
GFD3	2.6	4.1	5.1	4.9	4.8	4.5	4.3	4.0	4.6	4.7	4.1	3.8

II. Monthly spatial averages of precipitation (mm) for Slovakia (Rn) (period 1951–1980) and regional modifications of quotients of average monthly precipitation (Rq = Rscenario/Rn) for GCMs scenarios 2 x CO₂ (CCCM, GISS, GFD3), N – Northern part of Slovakia, S – Southern part of Slovakia

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Rn	44	44	42	53	71	98	93	79	54	53	61	56
Rq												
CCCM-N	1.32	1.17	1.01	1.10	0.94	0.99	0.88	0.87	0.87	1.18	1.27	1.35
CCCM-S	1.29	1.02	1.15	1.04	0.85	0.83	0.79	1.03	0.91	1.11	1.16	1.22
GISS-N	1.16	1.31	1.27	1.34	1.18	1.07	1.08	1.06	0.84	1.25	1.31	1.04
GISS-S	1.16	1.24	1.26	1.28	1.18	1.07	1.20	1.19	0.80	1.28	1.29	1.06
GFD3-N	0.95	1.44	1.08	1.13	1.07	0.99	0.84	1.19	1.36	1.45	1.44	1.01
GFD3-S	0.90	1.50	1.06	1.08	1.03	0.99	0.81	1.39	1.28	1.33	1.43	0.96

Analysis of the bioclimatic range of Norway spruce

Bioclimatic ranges of forest tree species and their communities related to climatic changes were taken from the works published until now, analysing the results of the forest tree species occurrence in Slovakia (Blaťný, Šťastný, 1959) in relation to vertical climate changes (Minďáš, 1992, 1993). The methods consisted of the following steps:

1. determination of the climatic ranges for individual tree species,
2. processing of the GIS image (in IDRISI) – areal distribution of biotemperature in the territory of Slovakia,
3. classification of the Slovak territory on the basis of limiting values of the biotemperature for individual chosen tree species under conditions of the existing climate and for the chosen scenarios of climatic change,
4. areal analysis of the occurrence of climate – defined forest communities and their mutual comparison.

Holdridge model

The Holdridge life zone classification model (Holdridge, 1967) is a climate classification model that relates the distribution of major ecosystem complexes to the climate variables. This model has been used for modelling the changes of climatic conditions of forest communities. It defines characteristic forest communities based on 3 climatic characteristics in both horizontal (according to latitude) and vertical (according to altitude) directions.

The evaluative climatic characteristics are as follows:

- mean annual biotemperature,
- mean annual precipitation,
- ratio of potential evapotranspiration to total annual precipitation.

Climatic variables, such as air temperature and precipitation, have been the basic input parameters in the applied model. A set of input data from a network of 174 climatic stations have been used and the long-term mean air temperatures and total annual precipitation for the period from 1951 to 1980 have been taken as a basis (Anonymous, 1991).

Forest Gap Model

Forest Gap Models are included into a group of dynamic models which are able to calculate various characteristics of forest trees in time series. Gap models are individually based in that they simulate establishment, growth, and mortality of each tree on the forest plot (Anonymous, 1995). The response of an individual tree to environmental conditions on the plot is defined by a number of environmental response functions, generally expressed as a portion of optimal growth, ranging from 0.0 to 1.0. These environmental response functions have been defined by using various methods. A detailed discussion and theoretical basis of these methods can be found in Shugart (1984).

Our calculations were carried out by using Prof. Smith's version of the Forest Gap Model. The model requires the following input data for individual trees:

- maximum tree age,
- maximum diameter,
- maximum height,
- maximum yearly seedling establishment scaled to plot.

This model contains several „response functions“ including light, water balance, and climate responses of individual trees that can be described as follows:

Environmental factor	Response function expressed by
Light	3 classes – shade tolerance, medium, shade intolerance tree species
Water balance	Minimum PET ratio for individual tree species
Climate	Limiting values of biotemperature (Max, Min) for natural range occurrence of individual tree species

Precipitation sufficiency of Norway spruce

In bioclimatology of plants, precipitation sufficiency means a precipitation amount during a definite period when the plant does not suffer from the lack of water or the amount of water is still sufficient for plant development (Krečmer, 1980). In our work we evaluated precipitation of the growing season (May–August) which was measured in the years 1984 to 1993 at some climatic stations in Central Slovakia (data were obtained from the Slovak Hydrometeorological Institute). The value 300 mm of cumulative precipitation total during summer period (May–August) has been chosen as the limiting value (ZL) for spruce cultivation because it is accepted by most authors (Nebe, Rzezník, 1967; Ambros, 1971; Schmidt-Vogt, 1977; Mráček, Pařez, 1986) and it proceeds from the analysis of climatic conditions of the marginal spruce occurrence in Central Europe.

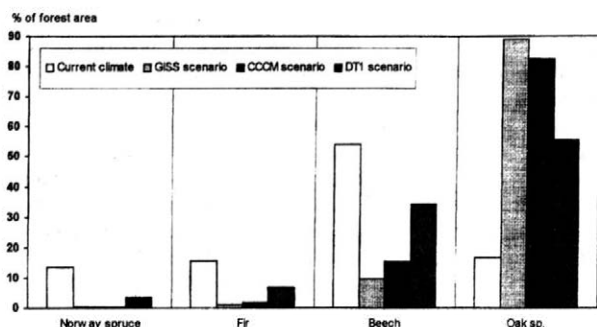
RESULTS AND DISCUSSION

ANALYSIS OF THE BIOCLIMATIC RANGE OF NORWAY SPRUCE

Bioclimatic range of spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) can be characterized on the basis of the analysis of its natural occurrence in the West Carpathians by the following range of climatic variables (Minďáš, 1997):

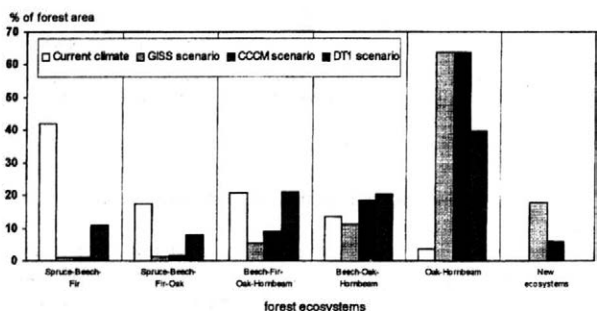
T _{YEAR}	T _{VII}	P ₀	P ₅	R _{YEAR}	R _{IV-IX}
3.6–5.0	13.4–14.7	231–246	164–186	1,070–1,180	485–760

T_{YEAR} – average annual air temperature, T_{VII} – average air temperature in July, P₀ – average number of days with air temperature > 0 °C, P₅ – average number of days with air temperature > 5 °C, R_{YEAR} – average annual precipitation total, R_{IV-IX} – average precipitation total during the summer months (IV–IX)



1. Results of the bioclimatic range analysis for the main forest tree species and forest ecosystems according to biotemperature

Potential areal occurrence of the main forest tree species based on climatic ranges analysis under the current climate and climate change scenarios



Potential areal occurrence of forest communities with the main tree species based on climatic ranges analysis under the current climate and climate change scenarios

III. Occurrence of Holdridge formations according to the current climate and GMs scenarios

Holdridge formations – occurrence	Occurrence of spruce	Current climate	CCCM scenario	GISS scenario	GFD3 scenario
Alpine (subpolar) rain tundra		*			
Subalpine (boreal) wet forest	*	*			
Subalpine (boreal) rain forest	*	*	*	*	*
Cool temperate (montane) steppe		*	*	*	
Montane (cool temperate) moist forest	*	*	*	*	*
Montane (cool temperate) wet forest	*	*	*	*	*
Montane (cool temperate) rain forest	*				*
Warm temperate (lower montane) dry forest			*	*	*

On the basis of the defined climatic ranges for individual tree species according to biotemperature (Biotemperature = Sum of positive temperatures/365, Holdridge, 1967), the average areal coverage of climate-defined communities of the principal forest tree species has been determined according to the IDRISI geographic information system for the conditions of both the existing climate and individual scenarios. The summary results are presented in Fig. 1, where apart from the potential areal occurrence of forest communities with the principal forest tree species, the results of the calculation in outline are also presented for the areal occurrence of the four principal tree species (spruce, fir, oak, beech). Presented results suggest dramatic changes in bioclimatic ranges of tree species, mainly for the GISS and CCCM scenarios. Even for the most moderate scenario of the air temperature changes (dT1) they

are striking. The results suggest that in the horizon of the year 2075, the bioclimatic conditions will be most suitable for the oak communities, the representation of which might reach 55–88%; for beech it might be 10–34%, for spruce 0.5–4% and for fir 1.5–7.5% (presented values are valid only for the above mentioned 4 tree species, not for the total forest area).

Lowland and upland zone

The results suggest that in the horizon of the year 2075, the bioclimatic conditions in this zone will most suit the oak communities which will have a dominant position. The bioclimatic range of spruce will not occur in this zone.

Submontane and montane zone

Bioclimatic conditions in this zone will most suit the beech communities; in submontane zone, the conditions

will still be suitable for oak representation. The upper limit of the montane zone roughly corresponds to the limit of bioclimatic spruce range. In the future, it might sporadically occur at this level as well.

Supramontane zone

This zone includes the present bioclimatic optimum of spruce occurrence. Under conditions of the climatic change, this optimum will move to a subalpine zone. In the lower part of this zone, conditions for the beech and fir occurrence will be improved.

HOLDRIDGE MODEL

Current climatic conditions of Slovakia make it possible to differentiate 6 altitudinal formations (life zones) according to the Holdridge classification. The community of the montane moist forest (80% of the whole territory of forests) of a cool temperate zone prevails mainly at lower and medium altitudes. The warmest and the driest regions of South Slovakia were classified as a steppe of cool temperate zone. In the mountain valleys of Central Slovakia, the cool temperate – montane wet forest takes only a very small area of ca. 0.5%. The mountain forests of higher altitudes belong to formations of wet or rain subalpine (boreal) forests and the highest altitudes of the Low and High Tatras are characterized as alpine (subpolar) rain tundra (Table III).

Lowland and upland zone

Bioclimatic conditions of present formations (cool temperate steppe and cool temperate moist forest) do not permanently represent the suitable environment for spruce stands. Climatic changes according to the above mentioned (CCCM) scenario will result in the origination of a new, unequalled formation in this territory – the warm temperate (lower montane) arid forest. The vegetation formation „warm temperate arid forest“ occurs under current climatic condition in the southern part of Hungary, in Vojvodina, on the northern slopes of Dinaric Alps and in the southern Carpathians of Romania. These forest communities are represented by warm oak forests. According to the original classification, the widespread community of the „cool temperate (montane) moist forest“ will not change its area pronouncedly, however, the model output anticipates its retreat from lowlands and shift towards the lower highlands. It follows from the analysis that in zones up to 500 m the climatic conditions suitable for a successful production of spruce can be expected not even in future.

Submontane and montane zone

Under the current climatic conditions, this altitudinal zone is represented by the communities of the „montane moist forest“ in its lower part and the „subalpine wet forest“ in its upper part. According to Ambros (1971), this is the right zone where spruce reaches the climatically conditioned production maximum. The climate change according to the CCCM scenario will condition the shift of the „montane moist forest“ community up to isoline 1,000 m above sea level. The bioclimatic conditions for

deciduous species (mainly beech) will be substantially improved, however, on the other hand, they will lead to a decreased spruce representation.

Supramontane zone

Current climate of Holdridge life zone is as follows: marginal „subalpine wet forest“, higher „subalpine rain forest“ up to „alpine rain tundra“. Due to climatic changes, the life zone conditions will be radically changed. The community of „subalpine wet forest“ will cease to exist and instead, the conditions will be created for the „montane – cold temperate – wet forest“ being very little spread up to the present time. Similarly, in the „alpine rain tundra“ zone, the climatic conditions will be changed to „subalpine rain forest“, when compared to the current state. In the given communities, suitable bioclimatic conditions will be created for mixed spruce communities. In the present community of the „alpine rain tundra“, due to a climatic change, the bioclimatic conditions for subalpine spruce communities will be created for the subalpine spruce communities, however, the real ecological conditions for successful spruce growth will probably be limited by soil and geomorphological conditions.

FOREST GAP MODEL

Up to this time, this model has been used for 5 localities (forest communities in different altitudes) in the territory of the West Carpathians. Partial results of these model calculations were published in the paper by Mindáš, Škvarčina (1996). This paper was aimed at synthesis of the above mentioned results from the viewpoint of vertical spruce occurrence.

Lowland and upland zone

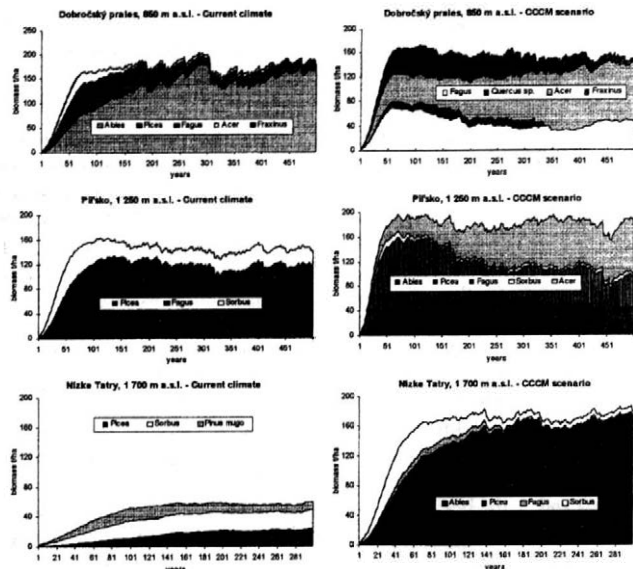
Model calculations were carried out both for conditions of the existing climate and the expected climatic conditions according to the CCCM model for the Sitno locality (500 m above sea level). With respect to the occurrence and dynamics of development of forest communities with spruce representation, the results of the model can be summarized as follows:

- when considering the above factors and the existing climate, spruce is not a permanent component of forest communities in this zone,
- model results for conditions of the climate change scenarios exclude any representation of spruce in forest communities of this zone.

Submontane and montane zone

Model calculations were performed for the existing climatic conditions as well as for the expected climatic conditions according to the CCCM model for the Dobrošský virgin forest locality (850 m above sea level) (Fig. 2). With respect to the occurrence and dynamics of development of forest communities with spruce representation, the results of the model can be summarized as follows:

- when considering the above factors and the existing climate, spruce is a component of forest communiti-



2. Forest Gap Model results for the three geographical different sites with Norway spruce occurrence

es in this zone, however it does not take any dominant position,

- model results for conditions of climate change scenarios suggest that spruce will not be a component of forest communities in this zone, or it may sporadically occur on its upper limit.

Supramontane zone

With regard to spruce importance in this zone, the calculations were carried out for 2 localities in the region of the mountain spruce forest occurrence: Pišsko (1,250 m above sea level) and Vajskovská valley head (1,300 m above sea level) as well as for one locality above the present upper forest limit (zone of mountain pine and rare stunted spruce trees) in the Vajskovská valley head (1,700 m above sea level) (Fig. 2). With respect to the occurrence and dynamics of development of forest communities with spruce representation, the results of the model can be summarized as follows:

- under conditions of the existing climate, the spruce representation in forest communities of this zone is dominant and on its upper limit it also creates the upper limit of forest communities,
- model results for conditions of the climate change scenarios suggest a shift of the upper forest limit to the region of the present subalpine zone,
- in supramontane zone, spruce representation will decrease at the expense of beech and precious broadleaved species (sycamore, ash).

It can be stated on the basis of evaluation of the Forest Gap Model calculations that the above mentioned methodological approach reflects the tree species composition and productivity of the principal zonal forest communities in the West Carpathians under conditions of the existing climate. This verification entitles us to

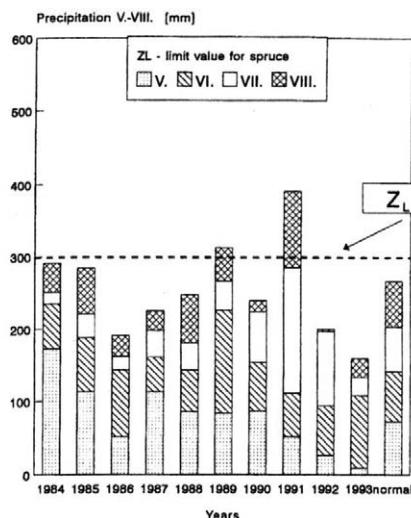
consider model changes according to the CCCM scenario (for conditions $2 \times \text{CO}_2$) relevant.

According to the knowledge obtained by using similar models in Germany and Switzerland (Alpine region, Solling) (Kräuchi, 1994) it is necessary to point out an important „transition“ stage from the existing climatic conditions to an equilibrium state under new climate conditions. According to the results obtained by the above mentioned author, this stage will last 100–150 years and then a pronounced decrease of the total production, mainly in pure plantations (spruce monoculture Solling) may occur. The transition stage is envisaged for the period of 2050–2200.

ANALYSIS OF THE PRECIPITATION SUFFICIENCY

Lowland and upland zone

Over the period of 10 years (1984–1993), a high precipitation deficit was observed in annual totals. Over the investigated 10 years, the atmosphere „owes“ more than the annual total of precipitation to forest stands. Proceeding from the above given facts, our evaluation has been aimed at precipitation during May, June, July and August, when most of spruce biomass is produced. It is obvious from the precipitation analysis of this period that during most of the years, the precipitation amount required for spruce growth has not been reached. In lowland zone, this fact also results from the long-term average. In upland zone, the long-term averages representing the value of 300 mm have been reached during the investigated months, however the last years are deeply under this value (Fig. 3). With regard to the decreasing trend of precipitation totals over the last years, the spruce cultivation seems to be



3. Precipitation totals in the months of May, June, July, August in comparison to the precipitation limit value 300 mm for natural occurrence of spruce in lowland and upland zone

Lučenec, 187 alt., monthly precipitation totals (1. V.-31. VIII.)

unsuitable in this zone. From the physiological viewpoint, mainly the July deficit is unfavourable, although it must be pointed out that at most stations in Slovakia, this month is considered the wettest one during the year. It is obvious from Table IV that the peak summer period has less precipitation than in the past. According to Tužinský (1994, 1997) the precipitation deficit results in the increased soil moisture deficit during this period, mainly in forest stands of lower altitudinal zones.

Submontane and montane zone

In this zone, in the region of the Low Tatras, Orava and Kysuce, the limiting precipitation requirement for spruce is satisfied during the growing season in spite of the decreased precipitation totals. The long-term average exceeds the value of the precipitation limit and

most of the particular summer totals also exceed this value in individual years with the exception of some extraordinarily dry years (1990 and 1992) (Fig. 2). In the year 1992, none of the investigated stations in this zone reached the summer precipitation totals required for spruce (Fig. 4). The values were deeply below the precipitation limit which could be manifested by the decreased spruce increment in the respective years even at the higher altitudes. According to Tužinský (1994, 1997), even in forest stands of this zone, soil moisture deficit and change of water regime in soil are observed during some extraordinarily dry years. This is mainly observed in spruce forest stands (roots in surface layers of soil) where moisture conditions with the limited or insufficient supply of utilizable water are increasingly observed (summer months 1990, 1992, 1993).

Supramontane zone

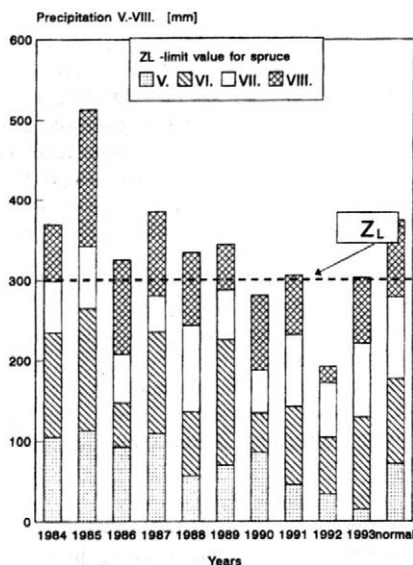
With respect to the precipitation sufficiency of Norway spruce this zone is characterized by a sufficient amount of precipitation throughout the year. Only exceptionally, during the extraordinarily dry years (1992), the precipitation total does not reach the limiting value during the investigated months (Fig. 5). Even in this zone, the intensive transpiration may result in an insufficient supply of physiologically available water in surface layers of soil. From the bioclimatological viewpoint, the temperature conditions in this zone become a limiting factor.

Compared to beech and other broadleaved tree species, from the physiological point of view, there is a real assumption of earlier spruce transpiration during the warm early spring and spring periods as well as a possibility of transpiration during the late autumn in lowlands, highlands, submontane and montane regions. During the above mentioned period, the broadleaved species are without assimilatory organs, so there is no transpiration out of them. This explains a higher water consumption of spruce stands during this period which is due to physiological characteristics of the evergreens.

Described model results make it possible to generalize them to some extent in relation to the occurrence prospects and further cultivation of spruce in the region

IV. Totals of precipitation deviations from yearly and monthly longtime average in the last decade (1984-1993)

Meteorological station	Altitude	Climatological normal 1951-1980	Totals of deviations during 10 years (mm)				
			month				year
			V	VI	VII	VIII	
Dudince	139	590	+92	-23	-213	-174	-651
Lučenec	214	629	+74	+81	-64	-206	-959
Sliač	313	703	-2	-150	-320	-70	-528
Čadca	420	915	+76	+76	-461	-70	-147
Oravský Podzámok	504	798	-32	+16	-399	-133	-550
Liptovská Osada	605	933	+224	-161	-377	-25	-669
Oravská Lesná	780	1,087	+53	-91	-482	-73	-589
Telgart	901	893	+261	-174	-447	-214	-974



4. Precipitation totals in the months of May, June, July, August in comparison to the precipitation limit value 300 mm for natural occurrence of spruce in submontane and montane zone

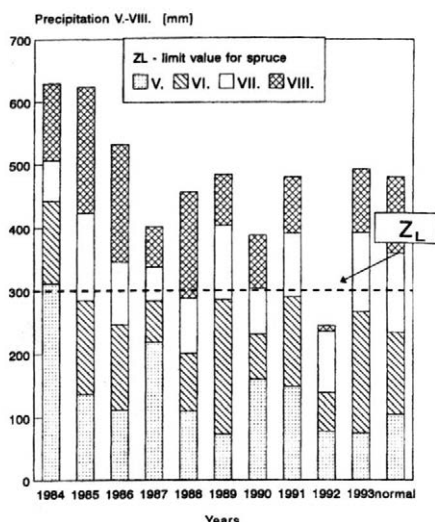
Oravský Podzámok, 493 alt., monthly precipitation totals (I. V.-31. VIII.)

of the West Carpathians from the viewpoint of the climate change predictions. Summarized results are presented in Table V.

CONCLUSION

The above presented methodological approaches to the expected climate change impacts on spruce occurrence have brought about very similar results:

- spruce occurrence potential and its secure cultivation in Slovakia will decline substantially,
- at the altitudes up to 500 m above sea level, it will be necessary to eliminate spruce from the target tree species composition,
- at the altitudes from 500 m to 1,000 m above sea level, it will be necessary to support the diversity of the existing spruce stands, i.e. to ensure more diverse



5. Precipitation totals in the months of May, June, July, August in comparison to the precipitation limit value 300 mm for natural occurrence of spruce in supramontane zone

Železná, 930 alt., monthly precipitation totals (I. V.-31. VIII.)

tree species composition, e.g. beech-fir spruce stands,

- at the altitudes above 1,000 m above sea level, the bioclimatic conditions for spruce should not be dramatically changed. However, we are not able to predetermine the future risks precisely, e.g. biotic noxious agents, mainly insects. The abiotic noxious agents as well as air pollutants (ozone, acidic depositions, etc.) will affect the spruce stands. The changes on the upper tree limit are still a problem to be solved.

Acknowledgements

The authors wish to express their thanks to Dr. Denisa Paule for translating and reviewing this article.

V. Summarized results of occurrence prospects and further cultivation of spruce in the region of the West Carpathians from the viewpoint of the climate change predictions

Spruce communities (SM)	Holdridge model	Forest Gap Model	Analysis of bioclimatic zones	Analysis of precipitation provision
Lowland and upland zone	absence of conditions for the occurrence	extinction of spruce communities	cessation of conditions for spruce occurrence	limiting precipitation deficit
Submontane and montane zone	conditions for decreased occurrence	extinction or marginal occurrence of spruce	general decline of conifers (SM)	sufficient precipitation amount only in the north of the zone
Supramontane zone	conditions for development of mixed spruce communities	development of mixed spruce-fir-beech stands	decreased spruce occurrence, areal reduction	sufficient precipitation amount for spruce occurrence

References

- AMBROS, Z., 1971. Vplyv klimatických pomerov na produkciu hlavných drevín na Slovensku (Production capacity of forest sites in Slovakia). *Lesn. Čas.*, 17: 19–29.
- BLATNÝ, T. – ŠTASTNÝ, T., 1959. Prírodné rozšírenie lesných drevín na Slovensku (Natural ranges of forest trees in Slovakia). Bratislava, SVPL: 57–79.
- HLADÍK, M., 1996. Prírodné podmienky hospodárenia, súčasná štruktúra lesného fondu (Natural conditions of forest management, present structure of forests). Národný klimatický program SR, zv. 5. Bratislava, MŽP SR a SHMÚ: 12–18.
- HOLDRIDGE, L. R., 1967. Life zone ecology. San Jose, Tropical Science Centre: 127.
- KREČMER, V., 1980 (ed.). Bioklimatologický slovník terminologický a explikativní (Bioclimatological dictionary, terminologic and explicative). Praha, Academia: 244.
- LAPIN, M., 1966. Scénáre klimatickej zmeny (Climate change scenarios). Národný klimatický program SR, zv. 5. Bratislava, MŽP SR a SHMÚ: 6–11.
- LAPIN, M. – NIEPLOVÁ, E. – FAŠKO, P., 1995. Regionálne scénáre zmien teploty vzduchu a zrážok na Slovensku (Regional scenarios for air temperature and precipitation changes in Slovakia). Národný klimatický program SR, zv. 3. Bratislava, MŽP SR a SHMÚ: 17–57.
- KRÄUCHI, N., 1994. Modelling forest succession as influenced by a changing environments. *Mit. Eidgenoss. Forsch. für Wald, Schnee und Landschaft*, 69: 145–271.
- MINDÁŠ, J., 1992. Rekonštrukcia teplotných pomerov oblasti Vysokých Tatier v holocéne (Reconstruction of temperature conditions during the Holocene period in the High Tatras region). *Meteorol. Spr.*, 45: 140–143.
- MINDÁŠ, J., 1993. Klimatické aspekty rozšírenia smreka a buka na Slovensku (Climatic aspects of Norway spruce and beech occurrence in Slovakia). In: *Lesníctvo a výskum v meniacich sa ekologických a ekonomických podmienkach v Slovenskej republike*. Zvolen, LVÚ: 192–197.
- MINDÁŠ, J., 1997. Klimatické zmeny a lesy Slovenska (Climatic changes and Slovak forests). Národný klimatický program SR, Syntéza správa za obdobie 1991–1997. Zvolen, LVÚ: 36.
- MINDÁŠ, J. – ŠKVARENINA, J., 1994. Predpokladané dôsledky klimatických zmien na lesné ekosystémy (Supposed impacts of climatic changes on forest ecosystems). Národný klimatický program Slovenskej republiky, zv. 1. Bratislava: 57–82.
- MINDÁŠ, J. – ŠKVARENINA, J., 1996. Modelovanie dôsledkov klimatických zmien na lesné ekosystémy (Modelling of climatic change impacts on forest ecosystems). Národný klimatický program SR, zv. 5. Bratislava, MŽP SR a SHMÚ: 29–41.
- MRÁČEK, Z. – PAŘEZ, J., 1986. Pěstování smrku (Silviculture of Norway spruce). Praha, SZN: 203.
- NEBE, W. – RZEZNIK, Z., 1967. Über das Höhenwachstum und den Ernährungszustand von Fichtenbeständen auf grundwasserfreien Standorten Nordostpolens. *Arch. Forstwes.*, 16: 641–646.
- PAGAN, J., 1992. Lesnícka dendrológia (Forest dendrology). Zvolen, TU: 10–43.
- RANDUŠKA, D. – VOREL, J. – PLÍVA, K., 1986. Fytoecológia a lesnícka typológia (Phytocenology and Forest Typology). Bratislava, Príroda: 339.
- SCHLAEPFER, R., 1993. Long-term implications of climate change and air pollution on forest ecosystems. Progress report of the IUFRO Task Force Forest Climate Change and Air Pollution. Vienna, IUFRO, Birmensdorf, WSL. IUFRO Series 4: 132.
- SCHMIDT-VOGT, H., 1977. Die Fichte. Hamburg–Berlin, Verlag Paul Parey: 647.
- SHUGART, H. H., 1984. A Theory of Forest Dynamics. New York, Springer-Verlag: 243.
- TUŽINSKÝ, L., 1994. Vplyv počasia na zdravotný stav lesov (Weather influence on forest health status). In: *Výskyt škodlivých činiteľov v lesoch Slovenska za rok 1993 a prognóza ich vývoja na rok 1994*. Zvolen, LVÚ: 1–4.
- TUŽINSKÝ, L., 1997. Vodný režim pôdy a chemické zloženie vody v smrekovom ekosystéme (Soil water regime and chemical composition of water in Norway spruce ecosystem). In: *Vliv imisí na lesy a lesní hospodářství Beskyd*. Brno, MZLU, 9: 39–44.
- ANONYMOUS, 1991. Klimatické pomery Slovenska. Vybrané charakteristiky (Climatic conditions of Slovakia. Selected characteristics). Zborník prác SHMÚ, 33/I. Bratislava, Alfa: 239.
- ANONYMOUS, 1995. U.S. Country Studies Program: Guidance for Vulnerability and Adaptation Assessment. Washington, FI–F38.

Received 12 November 1999

VPLYV KLIMATICKÝCH ZMIEN NA VÝSKYT SMREKA V OBLASTI ZÁPADNÝCH KARPÁT

J. Mindáš¹, J. Škvarenina², K. Střelcová², T. Priwitzer¹

¹Lesnícky výskumný ústav, T. G. Masaryka 22, 960 92 Zvolen

²Technická univerzita, Lesnícka fakulta, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen

Smrek obyčajný (*Picea abies* [L.] Karst.) sa v uplynulých dvoch storočiach stal najrozšírenejšou hospodárskou drevinou v západnej a časti stredovýchodnej

Európy. Relatívne jednoduché pestovanie, rýchly rast, vysoká produkcia, široká použiteľnosť jeho dreva, potreba zalesňovania nelesných plôch v spojení so snaha-

mi o čo najvyšší výnos z pôdy viedli k skutočnosti, že sa pestovanie smreka rozšírilo i mimo jeho pôvodný (horský) areál, predovšetkým do stredných a nižších polôh, dokonca aj na nížiny.

Vzhľadom na očakávané klimatické zmeny, pre ktoré je prognózovaný deficit zrážok, a rast teploty vzduchu sa smrek javí osobitne ohrozenou lesnou drevinou, a to predovšetkým v oblastiach mimo jeho prirodzený areál rozšírenia. Nároky smreka na podmienky prostredia sumarizujú napr. Schmidt-Vogt (1977), Pagan (1992), Minďáš (1997) a iní. Z prác rezultuje jeho vysoká náročnosť na vodu ako aj ekologická viazanosť na pomerne chladnú horskú klímu.

Cieľom práce je zhodnotenie vplyvu očakávaných klimatických zmien na súčasný a budúci výskyt smreka s použitím rôznych metodických postupov. Ich vzájomnou komparáciou sme sa snažili získať vierohodné výsledky pre zodpovedanie otázok súvisiacich s perspektívami ďalšieho pestovania smreka v oblasti západných Karpát.

Pre analýzu možných dopadov očakávaných klimatických zmien na bioklimatické podmienky výskytu smreka v oblasti západných Karpát sme použili štyri odlišné metodické postupy. Pri skúmaní problematiky sme sa zamerali na riešenie nasledovných tematických oblastí:

- vykonať priamu analýzu dôležitých bioklimatických zmien,
- podľa bioklimatického klasifikačného systému (Holdridge life zone classification model) stanoviť vplyv klimatických zmien na plošný výskyt smrekových spoločenstiev,
- použitím Forest Gap Modelu stanoviť zmeny v zložení a produktivite smrekových porastov v dôsledku klimatických zmien,
- zhodnotiť zrážkovú zabezpečenosť smreka počas mesiacov máj–august, kedy dochádza k najväčšej spotrebe vody pri fyziologických procesoch spojených s tvorbou biomasy.

Jednotlivé časti analýzy sme vykonali pre tri výškové geografické stupne, tak ako ich uvádzajú Randuška et al. (1986): stupeň planárny a kolínny (do 500 m n. m.), stupeň submontánny a montánny (od 500 do 1 000 m n. m.) a stupeň supramontánny (nad 1 000 m n. m.).

Podľa definovaného klimatického areálu smreka, buka, duba a jedle pre oblasť Západných Karpát (Minďáš, 1997) sa v prostredí GIS (IDRISI) analyzoval plošný výskyt bioklimatických podmienok pre tieto štyri hlavné dreviny karpatských lesov a ich spoločenstvá vo vzťahu k trom scenárom zmeny klímy. Výsledky sú prezentované na obr. 1, z ktorého je zrejma dominancia bioklimatických podmienok pre dub a dubové spoločenstvá pre horizont r. 2075. Pre ihličnany (najmä smrek) tieto výsledky indikujú jednoznačné zhoršenie ich bioklimatických podmienok pre oblasti ich súčasného výskytu.

Súčasnú klimatickú podmienku územia Slovenska umožňujú podľa klasifikácie (Holdridge, 1967) vymedziť šesť bioklimatických vegetačných formácií

(tab. III). Ako vyplýva z analýzy, v súčasnosti na našom území dominujú bioklimatické podmienky spoločenstva chladného temperátneho (montánneho) mierne vlhkého lesa, a to hlavne v nižších a stredných polohách. Vyššie horské lesné polohy s výskytom smreka pripadajú svojimi bioklimatickými podmienkami do formácie vlhkých až veľmi vlhkých subalpínskych lesov. Tab. III poskytuje informácie o výskyte vegetačných formácií podľa jednotlivých scenárov klimatickej zmeny (CCCM, GISS, CFD3), z ktorých vidíme, že výskyt Holdridge vegetačných formácií pre scenáre GCMs je oproti dnešnému stavu značne posunutý, objavujú sa podmienky pre nové formácie. Najdramatickejšie zmeny bioklimatických podmienok možno očakávať v nížinných oblastiach ako aj v horských polohách. V pôvodnej klasifikácii najrozšírenejšie spoločenstvo chladného temperátneho (montánneho) mierne vlhkého lesa rozlohu svojich bioklimatických podmienok výraznejšie nezmení, avšak modelový výstup predpokladá jeho posun smerom do nízkych výščin. Modelový scenár predpokladá úplný zánik podmienok alpínskych a subalpínskych spoločenstiev a ich náhradu bioklimatickými podmienkami subalpínskeho veľmi vlhkého lesa, čo je dôležité najmä z pohľadu budúceho možného výskytu smreka. Reálne ekologické podmienky pre úspešný rast smreka v oblasti súčasnej hornej hranice lesa však môžu byť limitované napr. pôdnymi a geomorfologickými podmienkami.

Analýza podmienok pre rast a vývoj lesných spoločenstiev smreka použitím Forest Gap Modelu pre tri lokality v oblasti karpatských lesov s dnešným výskytom smreka ukázala, že v oblasti submontánneho a montánneho stupňa sa smrek bude vyskytovať iba ako ojedinelá prímies na hornej hranici tejto oblasti. V oblasti submontánneho stupňa smrek ostane významnou drevinou – v spodnej časti tohoto stupňa ako súčasť zmiešaných jedľovo-bukovo-smrekových lesov, vo vyšších oblastiach tohoto stupňa sa očakáva expanzia smreka nad dnešnú klimatickú hranicu lesa.

Hodnotenie zrážkovej zabezpečenosti smreka (tab. IV, obr. 3 až 5) vo vegetačnom období (máj–august) poukázalo na významné diferencie podľa jednotlivých výškových stupňov. Dostatok zrážok v hodnotenom období 1984–1993 pre výskyt a pestovanie smreka v celom skúmanom období sa vyskytol iba v oblasti supramontánneho stupňa. Ako úplne nedostatočné zrážkové zabezpečenie pre smrek sa javí v oblasti nížinného a kolínneho stupňa. S deficitom zrážok úzko súvisí aj vodný režim lesných pôd. Výsledky Tužinského (1994, 1997) ukázali, že v zrážkovo podnormálnych oblastiach sa vyskytuje pokles vlhkosti pôdy pod bod nižšej dostupnosti vody aj v smrekových lesných porastoch v oblasti montánneho stupňa na severe Slovenska (Orava, Kysuce).

Na základe výsledkov získaných pri analýze vplyvu očakávaných klimatických zmien na výskyt smreka v oblasti Západných Karpát rôznymi metodickými prístupmi možno v súvislosti s jeho ďalším pestovaním konštatovať nasledovné skutočnosti:

- potenciál pre výskyt smreka obyčajného a jeho bezpečné pestovanie v podmienkach Slovenska značne poklesne,
- v polohách do 500 m n. m. je potrebné vylúčiť smrek z cieľového drevinového zloženia, nakoľko na základe výsledkov nebudú v týchto oblastiach pre jeho pestovanie vhodné podmienky,
- v polohách od 500 m n. m. do 1 000 m n. m. je nutné zvýšiť druhovú pestrosť súčasných smrekových monokultúr a zabezpečiť pestrejšie drevinové zloženie napr. bukovo-jedľových smrečín,
- v polohách nad 1 000 m n. m. by sa bioklimatické podmienky pre smrek nemali výraznejšie zmeniť. V súčasnosti nevieme však presne preindikovať budúce možné nebezpečenstvo biotických škodlivých činiteľov (hlavne hmyzích škodcov). Abiotické škodlivé činitele ako aj pôsobenie vzdušných polutantov (ozón, kyslé depozície a iné) môžu však nepriaznivo ovplyvniť vývoj smrekových porastov v týchto polohách. Stále otvorenou otázkou ostávajú zmeny na hornej hranici lesa a ich vplyv na výskyt smreka v týchto polohách.

Contact Address:

RNDr. Ing. Jozef Minďáš, Lesnícky výskumný ústav, T. G. Masaryka 22, 960 92 Zvolen, Slovenská republika

MICROPROPAGATION OF MATURE ELM TREES *IN VITRO*MIKROPROPAGACE DOSPĚLÝCH STROMŮ JILMŮ *IN VITRO*

J. Malá

Forestry and Game Management Research Institute, 156 04 Jíloviště-Strnady

ABSTRACT: The micropropagation of wych elm (*Ulmus glabra*), smooth elm (*U. minor*), and European white elm (*U. laevis*) via organogenesis was established with the aim to provide material for forestry breeding. The induction of shoots and their multiplication were reached on Murashige and Skoog (MS) medium. The dormant winter buds were cultured in semi-liquid MS medium with 0.2 mg.l⁻¹ of benzylaminopurine (BAP), 0.1 mg.l⁻¹ β-indolebutyric acid (IBA), and glutamine (10 mg.l⁻¹) under white fluorescent light (30 μmol.m⁻².s⁻¹) with a 16 hour photoperiod, 24 °C for 4–6 weeks. The multiplication of growing shoots was observed on MS medium, of the same composition of BAP and IBA, but with increased levels of 200 mg.l⁻¹ glutamine and 200 mg.l⁻¹ caseine-hydrolysate under the same culture conditions. Shoots about 4 cm in length of each elm species were used for rooting on one-third MS medium with 1 mg.l⁻¹ α-naphthalene acetic acid (NAA). The average percentage of rooting reached 87 %. During acclimatization, only 2% mortality of plantlets was recorded. Minimal percentage of plantlet mortality (up to 4%) was recorded after their transfer onto outdoor beds.

micropropagation; *Ulmus glabra*; *U. laevis*; *U. minor*; forestry breeding

ABSTRAKT: Cílem mikropopagace jilmu horského (*Ulmus glabra*), jilmu habrolistého (*U. minor*) a jilmu vazu (*U. laevis*) bylo získání šlechtitelského materiálu. Organogeneze a multiplikace výhonů byla indukována v médiu Murashigeho a Skooga (MS). Zimní pupeny byly kultivovány 4–6 týdnů na polotekutém MS médiu (0,2 mg.l⁻¹ benzylaminopurin [BAP], 0,1 mg.l⁻¹ β-indolebutyrická kyselina [IBA] a 10 mg.l⁻¹ glutamin) při 24 °C a 16hodinové osvětlení bílým fluorescenčním světlem (30 μmol.m⁻².s⁻¹). Multiplikace rostoucích výhonů probíhala za stejných kultivačních podmínek na MS médiu o stejných koncentracích BAP a IBA, avšak koncentrace glutaminu byla zvýšena na 200 mg.l⁻¹ a médium bylo obohaceno kaseinovým hydrolyzátem (200 mg.l⁻¹). U všech druhů jilmu byly pro zakořeňování použity výhonky o délce 4 cm. Zakořeňování probíhalo na třetinovém MS médiu obsahujícím 1 mg.l⁻¹ α-naphtalenocetové kyseliny (NAA). V průměru bylo dosaženo 87% úspěšnosti zakořeňování. V průběhu aklimatizace uhynula v průměru 2 % rostlin. Ztráty byly minimální (okolo 4 %) i po přesazení rostlin na záhony.

mikropopagace; *Ulmus glabra*; *U. laevis*; *U. minor*; lesnické šlechtitelství

INTRODUCTION

There are three elm species widespread in forest localities from lowlands to mountain regions of the Czech Republic: wych elm (*Ulmus glabra* Huds.), smooth elm (*U. minor* Mill.), and European white elm (*U. laevis* Pall.). A considerable forest decline has started since 1950 due to the Dutch Elm Disease. The most susceptible species, the smooth elm, is now nearly extinct but the elm trees which have survived the disease preserve a high degree of resistance to repeated infection. Therefore, they represent a suitable source for renewal of elm tree populations in devastated regions. Various micropropagation strategies have been reported for elm species and their hybrids (Biondi et al., 1984; Fink et al., 1986; Chalupa, 1983, 1994; McCown,

McCown, 1987; Fenning et al., 1993; Corchete et al., 1993; Cheng, Shi, 1995). In this study we compared the influence of compositions of nutrient media and gelling agents on the micropropagation of mature plus trees of the above mentioned elm species.

MATERIALS AND METHODS

Plant material

For the establishment of primary elm cultures, up to 120 winter buds of 15 individuals of each elm species were collected from 40–80 years old trees during February and March 1995. The localities from which plant material was collected are summarized in Table I. The

I. The localities of trees from which bud explants were collected

Species	Natural area	Locality	Number of clones
<i>Ulmus glabra</i>	Ore Mountains (Krušné hory Mts.)	Jelení hora	10
	Giant Mountains (Krkonoše Mts.)	Rýchory	5
<i>Ulmus minor</i>	Lowland of Labe river	Červená píská	3
		nature reserve Jiřina	3
		nature reserve Upor	3
<i>Ulmus laevis</i>	South Moravia	Lanžhot	6
	South Moravia	Lanžhot	6
	Lowland of Labe river	Brandýs nad Labem	2
		Veltrubský luh	7

II. Percentage of induced shoots of winter buds

Species	<i>Ulmus glabra</i>		<i>Ulmus laevis</i>		<i>Ulmus minor</i>	
	agar	gelrite	agar	gelrite	agar	gelrite
WPM	20.3 ± 9.6	10.2 ± 6.5	17.5 ± 8.6	8.3 ± 5.2	18.6 ± 9.7	10.8 ± 7.2
MS	54.3 ± 10.9	20.6 ± 8.4	55.3 ± 13.3	15.6 ± 8.2	60.2 ± 18.9	20.8 ± 6.2

surface disinfestation of buds was 10 min by their immersion in 0.1% (w/v) HgCl_2 solution followed by 1% (w/v) NaClO_3 (10 min) with three times rinsing in sterile, demineralized water.

Induction of organogenesis

The buds were placed into 100 ml Erlenmeyer flasks with 25 ml agar (Sevetin Co., Czech Republic) medium containing MS, agar medium containing WPM with 0.2 mg.l⁻¹ of BAP, 0.1 g.l⁻¹ IBA, and 10 mg.l⁻¹ glutamine (pH 5.8), 30 g.l⁻¹ sucrose, gelrite (Scott Laboratories, Inc., USA) containing MS, and gelrite containing WPM with the same concentrations of compounds as above. The buds were cultivated under white fluorescent light (36W/33 Philips Tubes, The Netherlands) (30 $\mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$) with a 16h photoperiod at 24 ± 2 °C for 4–6 weeks.

Multiplication

The shoots growing from the buds of 1–2 cm in length were excised and placed onto agar MS medium. For subsequent transfer we used MS and WPM media modified by an increased concentration of glutamine (200 mg.l⁻¹) and by addition of caseine-hydrolysate (200 mg.l⁻¹) solidified with agar or gelrite. Explants were cultured under the same growth conditions as during the organogenesis induction stage. At least 15 shoots were used for every experiment. Cultures were transferred onto fresh medium every 3–4 weeks.

Rooting

The shoots of the length about 4 cm from multiplying explant cultures were used for rooting. 50 shoots

of each of the elm species were cultured in the dark in sterile conditions on the agar medium with one-third strength MS enriched with 1 mg.l⁻¹ NAA as the sole growth regulator. After 7 days the shoots were transferred onto the hormone-free medium (one-third strength MS) and exposed to light. The experiment was repeated twice.

Acclimatization and planting

Rooted plantlets were transferred into an artificial soil (perlite) irrigated with the one-tenth strength MS. The humidity was maintained above 90%. After 3–4 weeks, the plantlets having well-developed root systems were transferred to a peat substrate and acclimatized (6–8 week) in the glasshouse. During acclimatization, the humidity was gradually decreased to 70%. The plantlets were transferred to shaded field beds during May and June.

Statistics

One-way analysis of variance was used for the statistical evaluation of results.

RESULTS

Induction of organogenesis

Shoots of all elm species initiated growth within 2–4 weeks. The percentages of growing primary explant shoots are shown in Table II. No differences in the numbers of induced shoots between both the elm species and the elm clones were observed at a 5% level of significance.

III. The differences in numbers and length of newly developing shoots after 10 weeks

Species	Average number of shoots per explant $\pm$ SD	Average length of shoots (mm $\pm$ SD)
<i>Ulmus glabra</i>	3.8 $\pm$ 1.60	50.8 $\pm$ 11.2
<i>Ulmus minor</i>	4.6 $\pm$ 1.82	30.2 $\pm$ 16.3
<i>Ulmus laevis</i>	4.2 $\pm$ 1.5	48.4 $\pm$ 15.1

IV. Numbers of multiplied shoots on different media

Species	<i>Ulmus glabra</i>		<i>Ulmus laevis</i>		<i>Ulmus minor</i>	
	agar	gelrite	agar	gelrite	agar	gelrite
WPM	1.6 $\pm$ 0.6	1.2 $\pm$ 0.5	1.8 $\pm$ 0.7	1.2 $\pm$ 0.6	2.1 $\pm$ 0.8	1.6 $\pm$ 0.7
MS	3.8 $\pm$ 1.6	1.8 $\pm$ 1.5	4.2 $\pm$ 1.5	2.2 $\pm$ 0.6	4.6 $\pm$ 1.8	2.8 $\pm$ 1.2

V. Comparison of rooting and growth of elm plantlets

Species	Percentage of rooted shoots	Average length of plantlets after acclimatization (cm $\pm$ SD)	Average length of plantlets growing 18 months in field (cm $\pm$ SD)
<i>Ulmus glabra</i>	82	32.8 $\pm$ 14.2	166.4 $\pm$ 32.7
<i>Ulmus minor</i>	93	28.4 $\pm$ 12.1	116.3 $\pm$ 21.5
<i>Ulmus laevis</i>	88	37.5 $\pm$ 13.6	142.6 $\pm$ 31.2

Multiplication

Induced primary shoots were used for multiplication on agar with MS medium. After subsequent 3 to 4 transfers onto fresh medium the multiplication of explants was observed. The average numbers and length of newly regenerated shoots of wych elm, smooth elm, and European white elm are shown in Table III. The growth of additive shoots from axillary buds was observed in both the wych elm and the smooth elm. The differences between clones were evaluated at a 5% level of significance (Table IV). As the growth of shoots after the subsequent transfers of explants onto agar WPM, gelrite MS and gelrite WPM was not successful, only explants cultured on the agar with MS medium were used for rooting.

Rooting

In all elm species, the roots appeared eight days after transfer of explants onto the hormone-free medium (one-third strength MS). The percentages of rooted shoots are shown in Table V. After three weeks, rooted shoots were transferred into non-sterile substrate (perlite) for acclimatization.

Acclimatization and planting

Plantlets placed on outdoor protected nursery beds reached approximately the same average heights within 6 to 8 weeks after acclimatization in a glasshouse. During acclimatization, only 2% mortality of plantlets was recorded. After 18 months in field beds significant dif-

ferences in the length between the species were observed at the 5% level of significance (Table V). Minimal percentage of plantlet mortality (up to 4%) was recorded after their transfer onto outdoor beds.

DISCUSSION

The introduction of the *in vitro* explant cultures into breeding practice has a fundamental significance for biodiversity preservation programs. Micropropagation techniques can increase propagation efficiency. At present, micropropagation is widely used for rapid effective multiplication, to overcome graft incompatibility in cases of decreased fertility, for rejuvenation, and finally, for long-term storage of genetically outstanding genotype plants.

The objective of this study was to evaluate the potential of using micropropagation for three endangered species of elm. We have tested the effects of compositions of nutrient and gelling agents on the induction of organogenesis, the explant multiplication rate and rooting, and the acclimatization and planting of elm plantlets.

MS medium enriched with glutamine and casein hydrolysate effectively induced organogenesis and maintained high multiplication rates. The explants grown in other media, including WPM which has been reported to be the most effective for the American elm multiplication (McCown, McCown, 1987), started yellowing and the leaves were shed and died. For induction of shoots of all elm species, the agar substrate containing MS appeared to be the most suitable.

Generally, the best results were obtained when agar was used as a gelling agent. On the contrary to the Siberian elm plantlets growing successfully on gelrite (Cheng, Shi, 1995), the shoots on this medium exhibited wasting symptoms. For adequate development of cultured explants, both the timely transfer of growing shoots onto fresh medium and the shortening of time of passages to 3 or 4 weeks have been observed (not evaluated). In comparison with the oak and the beech (Dujčková, Malá, 1995), the subculture time for elm species used in these experiments was substantially shorter than in the Siberian elm in which only one week has been recommended for preventing of excessive callus formation (Cheng, Shi, 1995). In accordance with other authors, no complications nor disturbances of the growth of elm plantlets during the rooting and the acclimatization stages were observed. These results support an assumption that the induction of organogenesis and multiplication of explants *in vitro* are sufficiently suitable techniques for the successful propagation of mature elm trees.

References

- BIONDI, S. – CANCIANI, L. – BAGNI, N., 1984. Uptake and translocation of benzyladenine by elm shoots cultured *in vitro*. *Can. J. Bot.*, 62: 2385–2390.
- CHALUPA, V., 1983. Micropropagation of conifer and broadleaved forest trees. *Commun. Inst. For. Czechoslov.*, 13: 7–39.
- CHALUPA, V., 1994. Použití biotechnologických metod pro rozmnožování a záchranu jilmů (*Ulmus carpinifolia* Gled., *Ulmus montana* (Stok.) (Micropropagation and preservation of elms (*Ulmus carpinifolia* Gled. and *Ulmus montana* Stok.) by biotechnological methods). *Lesnictví-Forestry*, 40: 507–512.
- CORCHETE, M. P. – DIEZ, J. J. – VALLE, T., 1993. Micropropagation of *Ulmus pumila* L. from mature trees. *Plant Cell Rep.*, 12: 534–536.
- CHENG, Z. M. – SHI, N. Q., 1995. Micropropagation of mature Siberian elm in two steps. *Plant Cell Tiss. Org. Cult.*, 41: 197–199.
- DUJČKOVÁ, M. – MALÁ, J., 1995. Reproduction *in vitro* of forest broadleaves, oak (*Quercus petraea* [Matt.] Liebl.) and beech (*Fagus sylvatica* L.). *Práce VÚLHM*, 80: 41–51.
- FENNING, T. M. – GARTLAND, K. M. A. – BRASIER, C. M., 1993. Micropropagation and regeneration of elm, *Ulmus procera* Salisbry. *J. exp. Bot.*, 44: 1211–1217.
- FINK, C. V. M. – STICKLEN, M. B. – LINEBERGE, R. D. – DOMIR, S. C., 1986. *In vitro* organogenesis from shoot tip, internode, and leaf explants of *Ulmus* x „Pioneer”. *Plant Cell Tiss. Org. Cult.*, 7: 237–245.
- MCCOWN, D. D. – MCCOWN, B. H., 1987. North American Hardwoods. In: BONGA, J. M. – DURZAN, D. (eds.), *Cell and Tissue Culture in Forestry*, Vol. 3. Case Histories: Gymnosperms, Angiosperms and Palms. Dordrecht, The Netherlands, Martinus Nijhoff Publishers: 247–260.
- MURASHIGE, T. – SKOOG, F., 1962. A revised medium for rapid growth and bioassay with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.*, 15: 473–477.

Received 14 December 1999

MIKROPROPAGACE DOSPĚLÝCH STROMŮ JILMŮ *IN VITRO*

J. Malá

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 156 04 Jíloviště-Strnady

V České republice je zastoupení jilmů silně ohroženo grafiozou. Zejména jilm habrolistý na svých původních stanovištích téměř vymizel a dospělé stromy nepoškozené grafiozou se vyskytují velmi vzácně. Vegetativní množení jilmů roubováním a řízkováním se v lesnické praxi běžně používá, ale roubovanci jsou často odhrojováni a řízkování je efektivní pouze při použití juvenilního materiálu. Dosud netradiční metodou je množení jilmů explantátovými kulturami.

Cílem práce bylo ověřit možnost mikropropagace ohrožených druhů jilmů indukci organogeneze ze zimních pupenů dospělých stromů. Zimní pupeny byly sbírány z dospělých stromů jilmů starých 40–80 let během měsíce února. Celkem 20 klonů druhu *U. glabra* pocházelo z přírodních oblastí Krušné hory (lokalita Jelení hora) a 10 klonů z Krkonoš (lokalita Rýchory), po třech klonech druhu *U. minor* z nížinných oblastí Polabí (loka-

lita Červená piska, rezervace Jiřina a rezervace Upor) a 10 klonů z Jihomoravského úvalu (lokalita Lanžhot). Všechny pět klonů druhu *U. laevis* bylo z polabských lokalit Brandýs nad Labem.

K založení primárních kultur ze zimních pupenů jilmů jsme v průběhu března až května (před zpracováním byly rouby uloženy při 4 °C) izolovali od každého klonu 30 pupenů, které byly po sterilizaci v roztoku 0,01% HgCl₂ a v 1% roztoku SAVO třikrát promyty sterilizovanou vodou a umístěny na vhodná živná média. K indukci organogeneze bylo použito modifikované médium MS s koncentrací BAP 0,2 mg.l⁻¹ a IBA v koncentraci 0,1 mg.l⁻¹, s koncentrací glutaminu 10 mg.l⁻¹. Po vytvoření prvních výhonů byly kultury přesazeny na multiplikační médium. Podmínkou úspěšné kultivace bylo včasné přesazení kultur na čerstvá média (pasáže po 2–3 týdnech). Multiplikační médium se lišilo větší kon-

centrací glutaminu a obsahem kaseinového hydrolyzátu (200 mg.l^{-1}). Kultivace probíhala v klimatizovaných podmínkách při 24°C , bílém fluorescenčním světle ($30 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) a 16hodinové fotoperiodě.

K zakořeňování byla použita směs klonů, od každého druhu jilmu 50 mikrořízků o délce 4 cm. Zakořeňování probíhalo ve dvou stupních, přičemž v prvním týdnu byly mikrořízky kultivovány ve tmě na třikrát zředěném základním médiu MS bez cytokininů, doplněném $16,1 \mu\text{M}$ NAA, a pak přeneseny na stejné médium bez fytohormonů.

V průběhu řešení se podařilo stabilizovat explantátové kultury u všech uvedených druhů jilmů. Výhony začínaly rašit během 4–6 týdnů. Průměrné ztráty při

márních explantátů mikrobiální kontaminací nebo přerůstáním kalusů kolísaly mezi 10–40 % u všech klonů. Tvorba kalusů na bázi výhonů a diferenciacie nových adventivních výhonů začínala po přenosu primárních explantátů na multiplikační médium. U jednotlivých druhů jilmů byly průměrné počty vyvíjejících se výhonů po prvním přenosu na čerstvé médium odlišné: 1–2 u jilmu horského a jilmu vazu a 3–4 výhony u jilmu habrolistého. Zakořeňování probíhalo na třetinovém MS médiu obsahujícím 1 mg.l^{-1} α -naphtalenocetové kyseliny (NAA). V průměru bylo dosaženo 87% úspěšnosti zakořeňování. V průběhu aklimatizace uhynula v průměru 2 % rostlin. Ztráty byly minimální (okolo 4 %) i po přesazení rostlin na záhony.

Contact Address:

RNDr. Jana Malá, CSc., Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 156 04 Jíloviště-Strnady, Česká republika

ANALÝZA PREVÁDZKOVÝCH PARAMETROV TRAKTORA LKT 81 TURBO EKO

ANALYSIS OF OPERATIONAL PARAMETERS OF AN LKT 81 TURBO EKO SKIDDER

T. Lukáč, J. Tajboš, J. Koreň

Technická univerzita, Lesnícka fakulta, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen

ABSTRACT: An LKT 81 TE skidder with its equipment and attachments represents a new ecological approach to the designing and construction of forest machines. Wide-profile tires, uniform ecological oil fillings, cableway attachment, etc. are basic modifications of skidder equipment. Performance of an LKT 81 TE skidder was analyzed during operational tests.

skidding; LKT 81 TE skidder; performance; ecology

ABSTRAKT: Lesný kolesový ťahač LKT 81 TE predstavuje svojim vybavením a úpravami nový – ekologický prístup pri výrobe lesných strojov. Základnou zmenou vo vybavení traktorov sú širokoprofilové pneumatiky, jednotné ekologické olejové náplne, možnosť použitia lanovkovej nadstavby a iné. V článku je uvedená analýza výkonnosti LKT 81 TE počas prevádzkových skúšok.

sústreďovanie dreva; traktor LKT 81 TE; výkonnosť; ekológia

ÚVOD

Vývoj zdravotného stavu lesa a požiadavka na jeho mimoprodukčné, účelové funkcie si vyžaduje použitie jemnejších spôsobov hospodárenia, šetrnejších technológií a techniky. Jedným z prostriedkov na preklopenie nevyvážených vzťahov medzi súčasnými technológiami a požadovanými jemnejšími metódami práce je aj LKT (lesný kolesový traktor) s ekologickými úpravami. Differencované mechanizačné prostriedky a technológie s nimi spojené sú na Slovensku v súčasnosti ešte stále len veľmi málo používané (okrem koní) a sú v štádiu permanentného vývoja a zavádzania do praxe (Lukáč, 1994, 1996).

CHARAKTERISTIKA PRACOVNÉHO PROSTREDIA

LKT 81 TE pracuje na LZ Kriváň, LS Poľana, v komplexnej čate. Severovýchodná časť územia správy leží v zbernom pásme vodárenskej nádrže Hriňová, ochranné pásmo stupeň I., čo kladie zvýšené nároky na ekologické parametre techniky a technológie.

Popis LKT 81 TE

LKT 81 TE – lesný kolesový traktor 81 Turbo Eko – je postavený na báze štandardného LKT 81. Jeho základné parametre sú nasledovné:

Motor: typ motora – Zetor Z 8002.138,

výkon – 72,25 kW $\pm$ 3% pri 2 200 ot.min.⁻¹.

Rozmery a hmotnosť traktora:

dĺžka – 5 700 mm,

šírka – 2 230/2 450 mm,

výška – 2 780 mm,

celková hmotnosť – 7 140 kg,

povolené tlaky náprav:

predné – 4 390 kg,

zadné – 2 750 kg,

rozvor: 2 400 mm.

Maximálna povolená rýchlosť: 20 km.hod⁻¹.

Pneumatiky: 18,4-30 14PR410 Treleborg.

Navijak: typ 90 AE – dvojvubnový,

rýchlosti – 0,4, 0,8 a 1,2 m.s⁻¹,

ťažná sila – 90 KN,

hrúbka lana – 16 mm,

dĺžka lana – 90 m.

Prevodovka, brzdový systém, pohon náprav, navijaku a ostatných zariadení je ovládaný hydromotorom.

Najdôležitejšie doplnky – rozširujúce vybavenie:

– Povelová stanica HETRONIC GA 609 ERGO 6 na diaľkové ovládanie motora a navijaka.

– Nadstavba pre lanový systém LLS (ťahký lanový systém) s dosahom približne 100 m. Hmotnosť cca 200 kg + vybavenie (prídavné lano, kladky, háky, úväzky ap.).

Výkonové parametre LKT 81 TE sú porovnateľné s LKT 90A.

Použitím širokoprofilových pneumatík Treleborg sa zvýšila priechodnosť v teréne a svahová dostupnosť stroja. V pozdĺžnom smere má dostupnosť 40°, v priečnom 17°.

Náplň motora, prevodovky, rozvodovky brzdového systému a redukcií je jednotná.

Používa sa „rastlinný“ olej BDG TRUCK-LIGHT SAE5 W-40 s dobou rozpadu maximálne 21 dní.

Popis technológie a technologické parametre

Sústredovanie je fáza náročná na spotrebu času, pohonných hmôt a z toho vyplývajúce financie (zaberá až 15–20 % z celkových nákladov lesníckych činností). Taktiež sa veľmi významne podieľa na poškodzovaní porastu a pôdy (Lukáč et al., 1993; Koreň, 1994; Suchomel, 1992, 1993) a kontaminovaní pôdy a vody ropnými produktami. Vzniká teda široký priestor na uplatnenie optimalizácie a ekologizácie technologického procesu.

Jeden pracovný cyklus sústredovania tvoria štyri základné operácie:

- jazda do porastu naprázdno,
- vyťahovanie lana do porastu, zostavenie nákladu a vyťahovanie z porastu,
- jazda s nákladom na odvozné miesto (OM),
- práce na sklade – navaľovanie kmeňov na hromady.

V rámci nich sú pravidelne sa opakujúce úkony – vyťahovanie lana, zapínanie kmeňov a niektoré nevyhnutné náhodilé úkony ako úprava zväznice, vyčistenie odvoznej cesty, oprava roztrhnutého lana ap.

Traktor pracuje v komplexnej čate, a to prevažne v kalamite. Dvaja pracovníci ťažia a jeden približuje, v poraste mu pomáha pri vyťahovaní lana, zapínaní kmeňov a zostavovaní nákladu ďalší pracovník alebo obidvaja „ťažbíari“. Laná sa vyťahujú z bubnov paralelne. Pri tejto technológii možno považovať posádku za 1 + 1,5.

Stroj sa v poraste pohybuje len po vyznačených linkách. Pri vyťahovaní dreva sa používa metóda zberného lana. Samotné vlečenie kmeňov je ovládané aktívne rádiovou komunikáciou (Maňkóvský, 1998), pričom vodič ide za posledným kmeňom, okamžite reaguje na prekážky a v prípade potreby usmerní vlečenie kmeňov. Tým sa dosiahnu úspory pohonných hmôt a času, zmenší sa poškodenie nákladu, ale hlavne sa eliminuje poškodenie porastu – predovšetkým koreňových nábehov a existujúceho prirodzeného zmladenia.

Na lesnom sklade vodič navaľuje drevo podľa potreby po niekoľkých jazdách buď naraz, alebo za každou jazdou. Limitujú tu priestorové parametre skladu a drevinové zloženie. Táto technológia je typická a pracuje sa s ňou približne v 90 % sústredovania dreva.

Traktor pracuje na jednej lokalite tri až štyri dni, potom sa presúva na ďalšiu. Ak nie je okamžite k dispozícii rozpracovaný porast, približuje sa tzv. hrbkova-

ná hmota. Kmene – žrdkovina až tenšia kmeňovina – sa v poraste koncentrujú konským záprahom na hromady s objemom 3–4 m³ (náklad na jedno vytiahnutie). Tie potom vodič s pomocníkom vyťahujú a sústreďujú.

Všetci traja pracovníci majú rovnakú kvalifikáciu a sú vzájomne plne zastupiteľní, v práci sa podľa potreby striedajú.

V tab. I je uvedená priemerná denná výkonnosť a spotreba LKT 81 TE za obdobie 39 pracovných dní z evidencie lesnej správy.

I. Výkonnosť a spotreba nafty – Performance and Diesel oil consumption

Denná výkonnosť ¹	
Sústredená hmota ² (m ³)	35
Najazdené ³ (Mh)	4,5
Najazdené na pracovisko a späť ⁴ (km)	6,5
Denná spotreba ⁵	
Nafta ⁶ (l)	28
Priemery ⁷	
Približovacia vzdialenosť ⁸ (m)	800
Spotreba nafty na 1 m ³ (l) ⁹	0,8
Spotreba nafty na 1 Mh ¹⁰ (l)	6,8
Priemerný náklad (na 1 cyklus) ¹¹ (m ³)	8,0

¹daily performance, ²skidded timber volume, ³distance in Mh, ⁴distance in km to and from working site, ⁵daily consumption, ⁶Diesel oil, ⁷averages, ⁸skidding distance, ⁹Diesel oil consumption per 1 m³ (l), ¹⁰Diesel oil consumption per 1 Mh, ¹¹average load volume (per 1 cycle)

Pri vyťahovaní kmeňov z porastu, pri jazde s nákladom aj v iných činnostiach sa prejavuje mohutnosť výkonu stroja. V podstate nie je rozdiel v rýchlosti vyťahovania a jazdy s minimálnym (resp. nulovým) a maximálnym zaťažením. Vzhľadom k tomu je dôležitá vyťaženosť LKT; má jazdiť podľa možnosti s čo najväčším nákladom v rámci dovoleného zaťaženia. To ho predurčuje na prácu v rubných porastoch s priemernou objemovosťou 0,8 m³ a vyššou.

EMPIRICKÝ MATERIÁL A METODIKA SPRACOVANIA

Základný výskum sa robil v období mesiacov apríl až júl na LS Pofana na ôsmich rôznych pracoviskách v šiestich porastoch ako súčasť výskumnej úlohy Teoretické a praktické predpoklady intenzifikácie využitia lanoviek v lesnom hospodárstve na Slovensku, 1/7050/20 (GL 1020).

Táto časť výskumu analyzuje:

- časové a výkonnostné parametre práce LKT,
- účinok prejazdov LKT na štruktúru porastovej pôdy.

Časové a výkonnostné parametre práce LKT

Registrovali sa údaje pracovných cyklov v nasledujúcej štruktúre:

- jazda naprázdno z OM do porastu: čas (min), vzdialenosť (m), sklon (%),
- manévrovanie v poraste: čas (min),
- vyťahovanie lana do porastu – čas (min), vzdialenosť (m), sklon (%),
- zapínanie kmeňov: čas (min), počet kusov (ďalej len kusy), objemovosť ($\text{m}^3 \cdot \text{ks}^{-1}$), druh dreveniny (ďalej len drevena),
- vyťahovanie nákladu z porastu na približovaciu linku alebo cestu: čas (min), vzdialenosť (m), sklon (%), objem nákladu (ďalej len objem) (m^3), kusy, drevena,
- zostavovanie nákladu: čas (min), objem (m^3), kusy, drevena,
- jazda s nákladom na OM – čas (min), vzdialenosť (m), sklon (%), objem (m^3), drevena,
- manévrovanie na sklade: čas (min),
- odopnutie nákladu: čas (min), objem (m^3), kusy,
- práce na sklade: čas (min), objem (m^3), kusy, drevena (navalovalo sa na hromady podľa druhu dreveniny maximálne do výšky 1,5 m),
- časy (min) iných úkonov v rámci sústreďovania,
- jazda na pracovisko a späť: čas (min), vzdialenosť (km),
- čas oddychu: krátke prestávky (min),
- stratové časy (min).

Redundantné technické údaje o výkone a klasifikácii terénu sú uvedené preto, že nie v každom pracovnom cykle sa vyskytovali všetky operácie alebo úkony. Časy sa registrovali s presnosťou na 5 sekúnd. Údaje sa spracovali metódami jednoduchšej a viacnásobnej, lineárnej a nelineárnej regresnej analýzy.

Účinok prejazdov LKT na štruktúru porastovej pôdy

Experimentálne merania vplyvu prejazdov LKT na zmenu štruktúry porastovej pôdy sa vykonali v dieľci 302. Pozostávali z laboratórneho zistenia základných charakteristík druhu pôdy, jej vlhkosti v percentách a objemovej hmotnosti v suchom stave ρ_0 ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$) a z terénnych meraní *in situ*. Na 23 stabilizovaných priečných profiloch sa vykonali pred skúškami a po 2, 10 a 20 prejazdoch merania zmeny penetračného odporu R_c (MPa) pomocou ľahkého statického penetrometra STP-A a podľa príslušnej metodiky. Následne sa metódou podľa Dolgova – Žitkova zisťoval vplyv zmeny pôdnej štruktúry na jej infiltračnú schopnosť v hĺbke 1–6 cm, 12–17 cm a 20–25 cm.

DOSIAHNUTÉ VÝSLEDKY

ANALÝZA VÝKONNOSTI LKT 81 TE

Činnosť LKT sa sledovala počas 11 dní. Priame merania trvali 1 600 minút, t.j. 27 hodín. Sústreďilo sa 200 m^3 smrekovej hmoty, 40 m^3 bukovej a javorovej hmoty v 35 pracovných cykloch. Na jednu operáciu, resp. úkon sa nameralo 30 (vyťahovanie lana do porastu) až 80 (zapínanie kmeňov) hodnôt čistého času.

II. Štruktúra pracovného času – The structure of work time

Operácia ¹	(min) ²	(%)
Jazda do porastu naprázdno ³	300	22
Jazda s nákladom na OM ⁴	450	33
Vyťahovanie ⁵	380	28
Práce na sklade ⁶	95	7
Iné činnosti ⁷	30	2
Oddych ⁸	110	8
Spolu ⁹	1 365	100

¹operation, ²minutes, ³idle drive of skidder to a working site, ⁴inhaul-ing to RL, ⁵extraction, ⁶operations in a timber yard, ⁷other operations, ⁸rest time, ⁹total

V tab. II je uvedená štruktúra pracovného času.

V rámci meraní bolo navyše 235 minút činností, ktoré nepatria do sústreďovania.

Ďalej uvádzame niektoré priemerné hodnoty namerané v teréne:

- približovacia vzdialenosť: 750 m,
- sklon približovacej linky: 22 %,
- vzdialenosť vyťahovania: 17 m,
- sklon vyťahovania: 18 %,
- náklad: 8 m^3 , 9 ks,
- objemovosť: 0,8 m^3 .

Pri spracovaní časových údajov 12 operácií a úkonov sa použili rôzne typy regresných rovníc (tab. III)

kde: y – čas (min),
 x_1 – priemerný sklon (10 %),
 x_2 – priemerná vzdialenosť (10 m),
 x_3 – priemerný náklad (m^3),
 x_4 – počet kusov (ks).

Nelineárne rovnice nezvýšili štatistickú významnosť modelu oproti lineárnym – napr.

$$y = b_1 + b_2 x_1^{b_3} x_2 + b_4 x_2^{b_5}$$

oproti rovnici

$$y = b_1 + b_2 x_1 x_2 + b_3 x_2$$

navyše pri extrapolácii v niektorých prípadoch nemajú vhodný priebeh a ťažko sa interpretujú.

Pre kvantifikovanie čiastkových modelov operácií a úkonov sa vybrali na základe uvedených výsledkov nasledujúce typy rovníc:

1. $y = b_1 + b_2 x$
2. $y = b_1 x$
3. $y = b_1 + b_2 x_1 + b_3 x_2$
4. $y = b_1 + b_2 x_1 x_2 + b_3 x_2$
5. $y = b_1 x_1 x_2 + b_2 x_2$

Jazdy LKT

Spolu sa vyhodnotila jazda naprázdno, manévrovanie v poraste, jazda s nákladom na OM a manévrovanie na sklade. Čas závisí od približovacej vzdialenosti a sklonu cesty alebo linky. Objem nákladu nemá vplyv hlavne preto, že výkon motora je predimenzovaný aj pri maximálnom náklade 10–11 m^3 (viac sa fyzicky nevmestí na štít traktora).

III. Korelačné a regresné koeficienty rovníc – Correlation and regression coefficient of equations

Typ rovnice ¹	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	ΣE^2	R
Jazda naprázdno, manévrovanie, jazda s nákladom ²							
$y = b_1 + b_2 x_1^{b_3} x_2^{b_4} + b_5 x_2$	3,491	0,280	0,355	0,409	0,095	91,21	0,970
$y = b_1 + b_2 x_1 + b_3 x_2$	-2,190	2,510	0,180			115,04	0,962
$y = b_1 + b_2 x_1 x_2 + b_3 x_2$	3,491	0,041	0,095			91,22	0,970
Odopnutie nákladu ³							
$y = b_1 + b_2 x_3^{b_3}$	0,728	0,308	1,178			21,62	0,739
$y = b_1 + b_2 x_3$	0,289	0,500				21,64	0,739
$y = b_1 x_3$	0,540					21,83	0,736
$y = b_1 x_3^{b_2}$	0,640	0,916				21,66	0,738
Vyťahovanie lana do porastu a kmeňov z porastu ⁴							
$y = b_1 + b_2 x_1 x_2 + b_3 x_2$	-0,708	0,417	0,987			5,56	0,912
$y = b_1 x_1 x_2 + b_2 x_2$	0,410	0,959				5,57	0,912
$y = b_1 + b_2 x_1^{b_3} x_2^{b_4} + b_5 x_2$	-0,708	0,747	0,747	0,747	0,987	5,56	0,912
$y = b_1 + b_2 x_1 + b_3 x_2$	-1,027	0,535	1,729			4,40	0,898
Zapínanie kmeňov ⁵							
$y = b_1 + b_2 x_4$	0,454	0,472				85,27	0,789
$y = b_1 x_4$	0,550					91,44	0,772
Zostavovanie nákladu ⁶							
$y = b_1 + b_2 x_3$	0,692	0,118				14,63	0,442
$y = b_1 x_3$	0,244					34,90	0,354
Práce na sklade ⁷							
$y = b_1 + b_2 x_3$	0,072	0,442				28,43	0,925
$y = b_1 + b_2 x_3^{b_3}$	0,072	0,665	0,665			28,43	0,925
$y = b_1 x_3$	0,447					28,47	0,925

¹equation type, ²idle drive, maneuvering, inhauling, ³load disengagement, ⁴cable pulling into forest stand and log extraction, ⁵log setting into chokers, ⁶choker setting, ⁷operations in a timber yard

Parciálne korelačné koeficienty beta:

vzdialenosť (10 m) – 1,024, $n = 34$,

sklon (10 %) – 0,204,

objem nákladu (m^3) – 0,057.

Z toho vyplýva, že sklon má 3,6 krát a vzdialenosť až 18 krát významnejší vplyv na približovanie ako objem nákladu.

Najvhodnejší je 4. typ rovnice (funkcie):

$$F1: y = 3,491 + 0,041 x_1 x_2 + 0,095 x_2$$

kde: y – čas (min na 1 pracovný cyklus),

x_1 – sklon (v desiatkách %),

x_2 – vzdialenosť (v desiatkách m).

Korelačný koeficient $R = 0,97$, suma štvorcov odchýlok $\Sigma E^2 = 91,22$,

priemery a smerodajné odchýlky: $x_{1pr} = 2,22$, $x_{2pr} = 75,05$, $s_{x1} = 0,51$, $s_{x2} = 35,72$, $y_{pr} = 17,45$, $s_y = 6,36$.

Koeficient 0,041 (b_2) vyjadruje synergické pôsobenie vzdialenosti a sklonu. Absolútny člen 3,491 (b_1) obsahuje manévrovanie v poraste, na sklade a nemerateľné mikrovplyvy. Relatívne vysoký korelačný koeficient je daný tým, že traktor má v podstate rovnomerný pohyb a časy sú namerané očistené od vedľajších čin-

ností (tie sú zohľadnené v iných úkonoch). Priebeh rovnice je zachytený na obr. 1.

Pri použití nelineárnej rovnice

$$y = b_1 + b_2 x_1^{b_3} x_2^{b_4} + b_5 x_2$$

sa v podstate nezmenili štatistické charakteristiky modelu – $\Sigma E^2 = 91,21$, koeficienty $b_5 = 0,095$ a $b_1 = 3,491$ sú rovné odpovedajúcim koeficientom z lineárneho modelu. Podobne to platí aj pre ostatné operácie a úkony.

Vo vzťahu k celkovému objemu sústredených m^3 a priemernému nákladu potom platí:

$$t_1 = \Sigma m^3 / 7.F1$$

kde $\Sigma m^3 / 7$ je počet cyklov (járd).

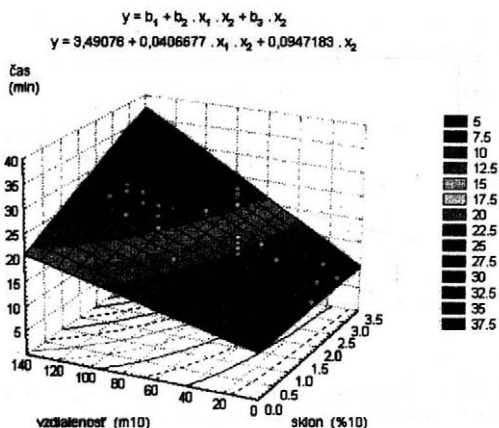
Úkon odopnutie nákladu závisí od veľkosti nákladu (m^3 – obr. 2).

$$F2: y = 0,289 + 0,500 x$$

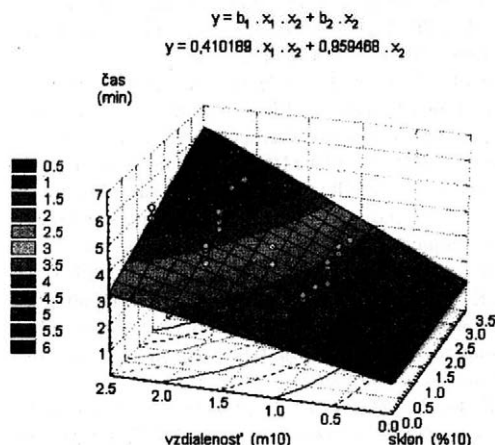
kde: y – čas (min na 1 pracovný cyklus),

x – objem nákladu (m^3),

$$R = 0,74, \Sigma E^2 = 21,64, x_{pr} = 6,96, s_x = 2,19, y_{pr} = 3,77, s_y = 1,67$$



1. Závislosť času jazdy naprázdno a s nákladom od vzdialenosti a sklonu – A relationship between the time of idle drive and inhauling on the one hand and a distance and gradient on the other



3. Závislosť času vyťahovania lana do porastu a nákladu od vzdialenosti a sklonu – A relationship between the time of cable pulling into forest stand and load volume on the one hand and distance and gradient on the other

Pre celkový objem nákladu (m^3) je čas

$$t_2 = \Sigma m^3 / 7.0,289 + \Sigma m^3 \cdot 0,500$$

Vyťahovanie

Spolu sa vyhodnotilo vyťahovanie lana do porastu a vyťahovanie nákladu. Podobne ako pri jazde nemá objem nákladu významný vplyv na čas.

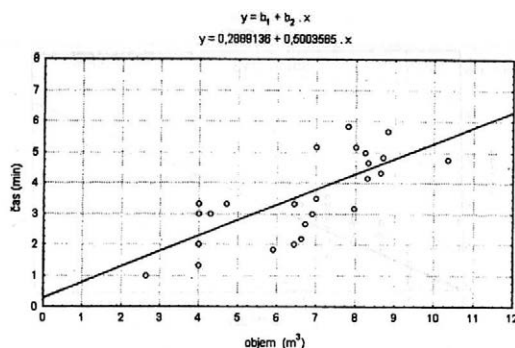
$$F3: y = 0,410 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0,959 \cdot x_2 \quad (\text{obr. 3})$$

kde: y – čas (min na 1 pracovný cyklus),
 x_1 – sklon (v desiatkách %),
 x_2 – vzdialenosť (v desiatkách m).

$$R = 0,91, \Sigma E^2 = 5,57$$

$$x_{pr} = 1,78, x_{2pr} = 1,84, s_{x1} = 0,52, s_{x2} = 0,91, y_{pr} = 3,11, s_y = 1,63$$

Pre celkový objem nákladu (m^3) je čas



2. Závislosť času odopnutia nákladu od objemu (m^3) – A relationship between the time of load disengagement and volume (m^3)

$$t_3 = \Sigma m^3 / 7.F3.$$

Zapínanie kmeňov – závisí od počtu kusov (obr. 4).

$$F4: y = 0,550 \cdot x$$

kde: y – čas (min),
 x – počet kusov,

$$R = 0,77, \Sigma E^2 = 91,44$$

$$x_{pr} = 3,62, s_x = 2,83, y_{pr} = 1,99, s_y = 1,69$$

$$t_4 = \Sigma m^3 / \text{objemovosť} \cdot 0,550$$

Zostavovanie nákladu – závisí od objemu (m^3 – obr. 5).

$$F5: y = 0,692 + 0,118 \cdot x$$

kde: y – čas (min na 1 pracovný cyklus),
 x – objem (m^3),

$$R = 0,44, \Sigma E^2 = 14,63$$

$$x_{pr} = 6,64, s_x = 2,49, y_{pr} = 1,48, s_y = 1,12$$

$$t_5 = \Sigma m^3 / 7.0,692 + \Sigma m^3 \cdot 0,118$$

Operácia práce na sklade – závisí od objemu (m^3 – obr. 6).

$$F6: y = 0,447 \cdot x$$

kde: y – čas (min),
 x – objem (m^3),

$$R = 0,93, \Sigma E^2 = 28,47$$

$$x_{pr} = 8,53, s_x = 6,14, y_{pr} = 3,84, s_y = 2,93,$$

$$t_6 = \Sigma m^3 \cdot 0,447$$

Iné činnosti – napr. úprava nákladu, uvoľnenie kmeňa pri vyťahovaní, čistenie zväžnice, urovnávanie lana a podobne – majú priemerný čas za 1 pracovný cyklus $t_7 = 2,642$ min.

Čas oddychu – krátke prestávky: $t_8 = 2,980$ min na 1 pracovný cyklus.

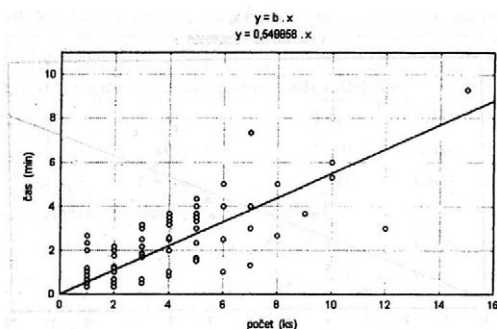
Výsledný časový model sústreďovania je súčet časov $t_1, t_2, \dots, t_8$:

$$T = \Sigma m^3 / 7. (10,09 + 0,041 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0,095 \cdot x_2 + 0,410 \cdot x_3 \cdot x_4 + 0,959 \cdot x_4) + \Sigma m^3 \cdot 1,065 + \Sigma m^3 / x_5 \cdot 0,550$$

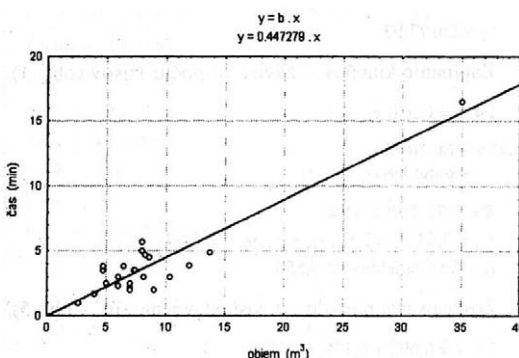
kde vstupné údaje modelu sú:

Σm^3 – objem vyťaženého dreva v poraste,

x_1 – priemerný sklon približovacej linky (10 %),



4. Závislosť času upínania kmeňov od počtu kusov – A relationship between the time of log setting to chokers and the number of logs



6. Závislosť času prác na sklade od objemu (m^3) – A relationship between the time consumption of operations in a timber yard and volume (m^3)

- x_2 – priemerná približovacia vzdialenosť (10 m),
- x_3 – priemerný sklon pri vyťahovaní (10 %),
- x_4 – priemerná vzdialenosť vyťahovania (10 m),
- x_5 – objemovosť (m^3).

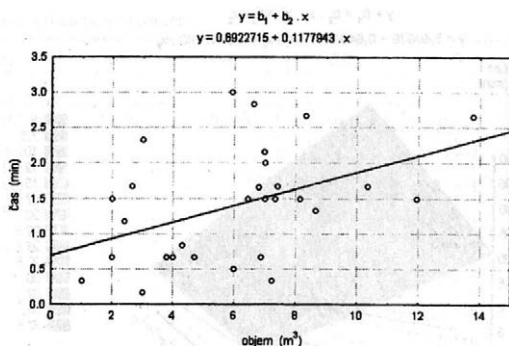
V tab. IV je uvedená intenzita pôsobenia (podiel vplyvu) vzdialenosti, sklonu, objemovosti a veľkosti nákladu (jazda s nákladom a jazda naprázdno do porastu sú vyhodnotené spolu).

Koeficienty beta sú parciálne koeficienty korelácie, ich súčin s podielom operácie na celkovom čase vyjadruje významnosť pôsobenia faktoru, resp. podiel, ktorým sa podieľajú na určení času sústreďovania T v modeli.

Vzdialenosť pri jazde naprázdno do porastu a s nákladom na OM ovplyvňuje za daných podmienok až 50 % celkového času.

VPLYV PREJAZDOV LKT NA PORASTOVÚ PÔDU

Pôda, na ktorej sa zisťovali zhutňovacie účinky prejazdov LKT, bola klasifikovaná ako kambizem pseudoglejová, podľa STN 72 1001 piesčito-hlinitá, úrodná, čerstvo-vlhká až vlhká ($w_5 = 38,7\%$, $w_{10} = 36,4\%$,



5. Závislosť času zostavovania nákladu od objemu (m^3) – A relationship between the time of choker setting and volume (m^3)

$w_{15} = 32,3\%$), ktorá bola vytvorená zo svahovín andezitových tufových aglomerátov.

Názornú predstavu o intenzite zhutnenia pôdy v koľajách LKT 81 TE v porovnaní s LKT 81 ST (štandard) do hĺbky 30 cm podáva obr. 7 a tab. V.

Z obr. 7 vidieť, že rozdelenie penetračného odporu R_c po hĺbke pôdneho profilu je u obidvoch ťahačov veľmi podobné. Zistený rozdiel je nepatrný, a ani jeho maximálna hodnota 0,084 MPa nedosahuje veľkosť jednej smerodajnej odchýlky ($s_x = 0,120$ MPa). Zhutňovací účinok 20 prejazdov LKT možno hodnotiť ako významný v celom meranom pôdnom profile 0–30 cm.

V tab. V sa porovnáva vplyv 20 prejazdov LKT 81 TE a LKT 81 ST na zvýšenie objemovej hmotnosti pôdy ρ_0 ($kg \cdot m^{-3}$) a na zníženie súčiniteľa priepustnosti k a stupňa priepustnosti k_{st} podľa Dolgova – Živkova v koľajách týchto ťahačov.

Z tab. V vyplýva, že 20 prejazdov porovnávaných ťahačov spôsobilo významné porušenie objemu a kontinuity hrubých, prípadne aj stredných pórov, čo sa prejavilo v znížení priepustnosti pôdy pre vodu o 2–4 stupne klasifikačnej stupnice Dolgova – Živkova, t.j. z veľmi vysokej až vysokej na nízku v profile 1–17 cm a z vysokej na strednú v profile 20–25 cm.

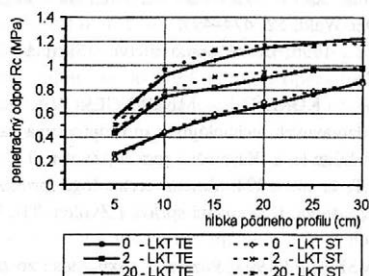
V podobných výrobnotechnických podmienkach sme už predtým vykonali rovnaké merania ihneď po 20 prejazdoch LKT 81 a LKT 40 a opakované merania po piatich rokoch (Koreň, 1994, 1997). V koľajách LKT 81 došlo za obdobie piatich rokov k významnej prirodzenej regenerácii pôdy iba v profile 1–6 cm, kde sa priepustnosť upravila na zvýšenú. V profile 12–17 cm sa zlepšila o 1 stupeň, t.j. na zníženú. Vo väčšej hĺbke ostala priepustnosť po piatich rokoch nezmenená, t.j. nízka. U LKT 40, ktorý mal v porovnaní s LKT 81 o 59 % nižší priemerný tlak na pôdu, bolo zníženie priepustnosti v koľajách o 1 stupeň menšie a prejavilo sa významne iba do hĺbky 20 cm. Regenerácia bola zistená v celom porušenom profile 1–20 cm.

Dosiahnuté výsledky korešpondujú s údajmi, ktoré uvádzajú Froehlich, Mc Nabb (1983). Podľa autorov môžu prejazdy lesných strojov s kontaktným

IV. Podiel vplyvu faktorov – Percentage of the effect of factors

Faktor ¹	Beta	Podiel ² (%)	Beta.podiel	Významnosť ³ (%)
Vzdialenosť pri jazde ⁴	1,024	45	46,08	50,34
Sklon linky pri jazde ⁵	0,204	45	9,18	10,03
Objem nákladu pri odopínaní ⁶	0,739	10	7,39	8,07
Vzdialenosť vyťahovania ⁷	0,911	8	7,29	7,96
Sklon vyťahovania ⁸	0,241	8	1,93	2,11
Počet upínaných kmeňov ⁹	0,789	13	10,26	11,20
Objem zostavovaného nákladu ¹⁰	0,421	7	2,95	3,22
Objem pri prácach na sklade ¹¹	0,925	7	6,48	7,07

¹ factor, ² percentage, ³ significance, ⁴ drive distance, ⁵ gradient of skidding track, ⁶ volume of disengaged load, ⁷ extraction distance, ⁸ extraction gradient, ⁹ number of logs per choker, ¹⁰ choker volume, ¹¹ timber volume during operations in a timber yard



7. Porovnanie zhutnenia pôdy v profile 5–30 cm po 2 a 20 prejazdoch LKT 81 TE a LKT 81 ST – Comparison of soil compaction in a profile of 5–30 cm after 2 and 20 passages of LKT 81 TE and LKT 81 ST skidders

tlačením 100–180 kPa zapríčiniť zníženie ročného prírastku atakovaných stromov o 5–15 % v trvaní niekoľkých desaťročí. Najvrchnejšia 10 cm hrubá vrstva pôdného profilu sa zregeneruje za 2–12 rokov, hlbšie položené horizonty (do 30 cm) potrebujú na to, aby sa objemová hmotnosť a štruktúra pôdy upravila na pôvodný stav pred jej zhutnením, 10–40 rokov.

Na základe uvedeného nemožno ani ťahač LKT 81 TE hodnotiť ako dôsledne pôdu šetriaci sústreďovací prostriedok. Tento by sa mal pohybovať iba po vyznačených približovacích linkách s využitím šetrného vyťahovania dreva z porastu pomocou rádiom diaľkovo ovládaných navijakov.

V tejto súvislosti považujeme za účelné uviesť aj výsledky, ktoré publikovali Kremer, Matthies (1997) a Matthies (1997). Títo autori na základe porovnania výsledkov vlastného a amerického výskumu dospeli k záveru, že priemerný kontaktný tlak do 50 kPa spôsobuje iba nevýraznú zmenu štruktúry pôdy. Po prekročení tejto hodnoty dochádza skokom k rozsiahlemu pretvoreniu pôdnej štruktúry a k zmenšeniu objemu a kontinuity hrubých a stredných pórov. Pri tlaku nad 100 (70) kPa môže mať intenzita poškodenia pôdy negatívne dopady na rast a stabilitu stromov.

Treba poznamenať, že u pôdy nasýtenej vodou môže spôsobiť extrémne zmeny pôdnej štruktúry aj tlak pod 50 kPa.

Je len logické, že uvádzané medzné hodnoty nemožno absolutizovať a že veľkosť potenciálnych negatívnych dopadov závisí nielen od intenzity miestnych zmien, ale

V. Porovnanie štruktúry neporušenej pôdy so štruktúrou po 20 prejazdoch – Comparison of intact soil structure with soil structure after 20 passages of the skidder

Veličina ¹	Počet prejazdov ²	Jednotky ³	Priemerné hodnoty v hĺbke pôdného profilu ⁴					
			5 cm		15 cm		25 cm	
			A	B	A	B	A	B
ρ_0	0	(kg.m ⁻³)	1 015	1 002	1 134	1 143	1 206	1 217
	20	(kg.m ⁻³)	1 132	1 109	1 313	1 345	1 367	1 360
		(%)	111,5	110,7	115,8	117,7	113,3	111,8
k			1–6 cm		12–17 cm		20–25 cm	
	0	(mm.min ⁻¹)	2,0010		1,9720		1,8727	
	20	(mm.min ⁻¹)	0,0033	0,0061	0,0034	0,0025	0,0922	0,0589
k_{st}	0		1		2		2	
	20		6	6	6	6	4	4

Legenda – Legend: k_{st} – stupeň priepustnosti podľa klasifikačnej stupnice Dolgova – Živkova – permeability degree in accordance with Dolgov – Živkov classification scale (1 – priepustnosť veľmi vysoká – very high, 2 – vysoká – high, 3 – zvýšená – increased, 4 – stredná – intermediate, 5 – znížená – decreased, 6 – nízka – low, 7 – veľmi nízka – very low permeability)

aj od tvaru a veľkosti poškodennej plochy. Skôr a výraznejšie sa môžu prejavovať u pôd chudobnejších na živiny a na stanovištiach s ročným nedostatkom alebo prebytkom vlhky. Z hľadiska tvorby povrchového odtoku a zvýšenej vodnej erózie riziko sa zvyšuje so sklonom a dĺžkou líniových foriem porušenia pôdneho povrchu (Koreň, 1996).

ZÁVER

LKT 81 TE má dennú výkonnosť pri približovacej vzdialenosti 1 000 m, vyťahovaní na 20 m a objemovosti 1 m³ až 75 m³; oproti klasickému je to viac o cca 30 %. Optimálne použitie má v rubných, koncentrovaných ťažbách s väčšími objemovosťami, v ťažších terénoch.

Najdôležitejšie atribúty, ktoré z neho robia ekologický traktor, sú ekologické olejové náplne, lanovková nadstavba, širokoprofilové pneumatiky a diaľkové ovládanie navijaka.

Kladný účinok väčších rozmerov pneumatík u LKT 81 TE v porovnaní so štandardnými sa vizuálne prejavil v hĺbke vytváraných kolají, ktorá bola priemerne 7 cm oproti 15 cm u LKT 81 ST. Užšie štandardné pneumatiky a zároveň väčší nimi vytváraný tlak mali za následok, že dochádzalo k prekročeniu šmykovej pevnosti pôdy pod okrajmi dotykovej plochy pneumatiky s mäkkou pôdnou podložkou, a tým k bočnému vytlačeniu porušenej pôdy. So svojimi relatívne priaznivými dopadmi na prírodné prostredie v porovnaní so štandardným LKT 81, vybavením a vysokou výkonnosťou predstavuje LKT 81 TURBO EKO nový – ekologický prístup pri výrobe lesných strojov.

Model spotreby času v analytickom tvare je vhodný pre aplikácie v programoch a následné použitie v prevádzke pri operatívnom rozhodovaní, plánovaní a stanovení úkolových noriem.

Literatúra

- FROEHLICH, H. A. – Mc NABB, D. H., 1983. Minimizing soil compaction in Pacific Northwest forests. In: Forest Soils and Treatment Impacts, Proc. 6th North American For. Soils Conf.: 159–192.
- KOREŇ, J., 1994. Vplyv traktorového sústreďovania dreva na lesné pôdy v oblasti neovulkanitov. Zvolen, AFF, 36: 285–295.
- KOREŇ, J., 1996. Povrchový odtok a vodná erózia porastovej pôdy porušenej približovaním dreva pomocou LKT. Zvolen, AFF, 38: 213–224.
- KOREŇ, J., 1997. Zhutňovanie porastovej pôdy prejazdami lesných strojov. Zvolen, AFF, 39: 191–203.
- KREMER, J. – MATTHIES, D., 1997. Auswirkungen der Befahrung auf das Wachstum der forstlichen Vegetation. AFZ Der Wald, 52: 474–477.
- LUKÁČ, T., 1996. Lesné dopravníctvo. [Skriptá.] Zvolen, TU: 228.
- LUKÁČ, T. – KOREŇ, J. – MESSINGEROVÁ, V., 1993. Vplyv dopravných technológií a sprístupňovania na ekologickú stabilitu lesa. [Záverečná správa.] Zvolen, TU, LF: 60.
- LUKÁČ, T. et al., 1994. Zmena technológií približovania a odvozu dreva. [Záverečná správa.] Zvolen, TU, LF: 90, 17 príloh.
- MAŇKOVSKÝ, F., 1998. Poznatky a skúsenosti zo zavádzania novej techniky do praxe s ohľadom na ekologické aspekty v podmienkach stredoslovenských lesov. Odkiaľ a kam kráčame v mechanizácii lesníckych činností. Žilina, Dom techniky ZSVTS: 57–64.
- MATTHIES, D., 1997. Maschinelle Holzernte und ihre Auswirkungen auf unsere Bestände. AFZ Der Wald, 52: 471–476.
- SUCHOMEL, J., 1992. Poškodovanie porastu, podrastu a pôdy vo vybraných ťažbových a dopravných technológiách. Zvolen, AFF, 34: 295–303.
- SUCHOMEL, J., 1993. Vplyv vybraných dopravných technológií na straty dreva a poškodenie porastu a pôdy. Zvolen, AFF, 35: 295–303.

Došlo 17. 11. 1998

ANALYSIS OF OPERATIONAL PARAMETERS OF AN LKT 81 TURBO EKO SKIDDER

T. Lukáč, J. Tajboš, J. Koreň

Technical University, Faculty of Forestry, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen

This paper presents an analysis of technological and ecological efficiency of a new skidder, LKT 81 Turbo Eko model, during skidding operations.

One working cycle consists of four basic operations:

- an idle drive of skidder to a working site,
- cable pulling at a working site, choker setting and extraction from the inside of the forest stand,
- inhauling to a roadside landing (RL),

– operations in a timber yard.

The skidder operated as a part of an integrated crew, mainly in the process of salvage felling. Two workers did logging operations, one worker did skidding operations.

The skidder goes in the forest stand along the marked lines only. Choker lines are used for extraction. Log dragging is actively controlled by radio, the opera-

tor goes behind the last log instantly responding to obstacles, and he regulates log dragging if necessary. These operations lead to fuel and time savings, a reduction in log damage, but mainly damage to trees is eliminated, especially to buttresses and existing natural new growth.

Logs in a timber yard are rolled by the operator after several drives or after each drive as required. It is given by the size of the timber yard or by tree species composition. It is a typical technology and is used in about 90% of all skidding operations.

All three workers have identical qualifications and can fully replace each other, so they alternate their positions as required.

Table I shows average daily performance and fuel consumption of LKT 81 TE skidder over 39 working days, data are taken from forest district records.

The big engine power can be exploited during log extraction, inhauling as well as other operations. There is not basically any difference in the speed of extraction and of inhauling with minimum (and/or zero) and maximum load. This is the reason why it is necessary to take full advantage of the skidder capacity while observing the permissible load. Hence it should operate in mature stands with average voluminosity 0.8 m^3 and more.

Basic research was carried out in Pofana forest district, in six forest stands at eight sites, from April to July, as a part of the research project Theoretical and Practical Presuppositions of the Intensification of Cableways Utilization in the Forestry of Slovakia, 1/7050/20 (GL 1020).

Research goals were as follows:

- skidder time consumption and performance,
- effect of skidder wheel traffic on the structure of forest soil.

The structure of data on working cycles that were recorded to study skidder time consumption and performance:

- idle drive from RL to a working site in forest stand - time (min), distance (m), gradient (%),
- manoeuvring inside of the forest stand - time (min),
- cable pulling into the forest stand - time (min), distance (m), gradient (%),
- log setting into chokers - time (min), number of logs, voluminosity ($\text{m}^3 \cdot \text{log}^{-1}$), tree species,
- choker extraction from forest stand to skidding track or road - time (min), distance (m), gradient (%), choker volume (m^3), number of logs, tree species,
- load setting - time (min), volume (m^3), number of logs, tree species,
- inhauling to RL - time (min), distance (m), gradient (%), volume (m^3), tree species,
- manoeuvring in timber yard - time (min),
- load disengagement - time (min), volume (m^3), number of logs,
- operations in timber yard - time (min), volume (m^3), number of logs, tree species (rolling of logs of different tree species to piles, max. to a height of 1.5 m),
- times (min) of other operations during skidding (see 2.2),

- return drives to a working site - time (min), distance (km),
- rest time - short breaks (min),
- idle times (min).

Methods of simple and multiple, linear and nonlinear regression analysis were used for data processing.

Experimental measurements of the effect of skidder wheel traffic on changes in the structure of forest soil consisted of laboratory determination of basic characteristics of soil type, its moisture content in per cent and bulk density in dry condition ρ_0 ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$), and of field measurements of changes in penetration resistance R_c (Mpa) with a light static penetrometer STP-A.

Different types of regression equations were used to process time data on 12 operations and actions.

The resultant time model of skidding equals the total of the times of partial models of operations:

$$T = \Sigma \text{m}^3 / 7 \cdot (10.09 + 0.041 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0.095 \cdot x_2 + 0.410 \cdot x_3 \cdot x_4 + 0.959 \cdot x_4) + \Sigma \text{m}^3 \cdot 1.065 + \Sigma \text{m}^3 / x_5 \cdot 0.550$$

where input data of the model are as follows:

- Σm^3 - volume of timber harvested,
- x_1 - average gradient of skidding track (10%),
- x_2 - average skidding distance (10 m),
- x_3 - average gradient of extraction (10%),
- x_4 - average extraction distance (10 m),
- x_5 - voluminosity (m^3).

Time consumption and performance are influenced to the greatest extent by distances of idle drives to a working site in the forest stand and of inhauling to a roadside landing - they account for up to 50% of total time consumption under the given conditions.

Measurements of the effect of skidder wheel traffic showed that 20 passages of the compared skidders caused serious impairment of the volume and continuity of coarse and/or medium-sized pores; it resulted in a decrease in soil permeability for water by 2-4 degrees of Dolgov - Živkov classification scale, i.e. from very high or high to low permeability in the profile of 1-17 cm and from high to intermediate permeability in the profile of 20-25 cm.

Daily performance of an LKT 81 TE skidder is up to 75 m^3 for skidding distance 1,000 m, extraction distance 20 m and voluminosity 1 m^3 ; it is higher by ca. 30% than that of conventional skidders. It should be used for principal, concentrated fellings of trees with higher voluminosity, on grounds with rather difficult access.

Ecological oil fillings, cableway attachment, wide-profile tires and remote control of a winch are the most important attributes making it an ecological tractor.

The positive effect of wider profiles of tires in an LKT 81 TE skidder in comparison with the standard ones could be seen visually in the depth of ruts: on average 7 cm in LKT 81 ST against 15 cm. The shearing strength of soil under the edges of the contact area of the tire with soft ground was exceeded and lateral bulges of soil were produced as a result of the passage

of narrower tires of standard model and their higher pressure on the soil.

Due to its relatively satisfactory impacts on the natural environment in comparison with the standard model LKT 81, the LKT 81 Turbo Eko skidder represents a new – ecological approach to the designing and con-

struction of forest machines by its equipment and high performance.

The model of time consumption in an analytical form can be used in programs and subsequent applications in operating conditions for operative decisions, planning and drawing up of piecework standards.

Kontakná adresa:

Doc. Ing. Tíbor L u k á č, CSc., Technická univerzita, Lesnícka fakulta, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, Slovenská republika

PLAVENINOVÝ REŽIM V POVODÍ HORNÍ OSTRAVICE (MORAVSKOSLEZSKÉ BESKYDY) NAD VODÁRENSKOU NÁDRŽÍ ŠANCE V LETECH 1976–1998

THE SUSPENDED LOAD REGIME IN THE BASIN OF THE UPPER
OSTRAVICE RIVER (THE MORAVSKOSLEZSKÉ BESKYDY MTS.)
ABOVE THE ŠANCE WATER RESERVOIR IN THE YEARS 1976–1998

L. Buzek

Ostravská univerzita, Přírodovědecká fakulta, Bráfova 7, 701 03 Ostrava 1

ABSTRACT: Soil belongs to irreplaceable natural resources not only for agriculture but also for forestry. On the other hand, soil is mechanically destroyed not only by natural factors but also by anthropogenic activities, esp. by using heavy machines. The erosion of forest soil has been studied in several areas of the Czech Republic in the post-war period. The interesting area for such studies lies in the Moravskoslezské Beskydy Mts. because in this region exist several favourable factors for intensive water erosion, i.e. flysch substratum and high precipitation. Also the human factor is important because heavy forest tractors are used for logging which damage soil not only on slopes but, first and foremost, on forest roads. The consequences of using heavy machines lead to s.c. machine erosion. Not only forest soil damaged by erosion but also its product, i.e. suspended load, is sedimented in water reservoirs, which endangers the water management in the industrial region of Ostrava. Research of water erosion south of the Ostrava town (northeastern part of the Czech Republic) has been organized by the Department of Physical Geography and Geoecology of the University of Ostrava since 1976 in the forested area of the Moravskoslezské Beskydy Mts. in the basin of the upper part of the Ostravice River (72.96 km²). This river empties into the Šance water reservoir, which supplies Ostrava and its surroundings with drinking water. The article presents results of this investigation in the years 1976–1998 and shows that intensive and long-term precipitation determines the intensity of erosion not only on agricultural soil but also on the forest soil.

soil erosion; suspended load; Moravskoslezské Beskydy Mts.

ABSTRAKT: Půda jako nenahraditelný přírodní zdroj pro zemědělství a lesnictví je mechanicky poškozována nejen některými přírodními procesy, ale také lidskými zásahy – především těžkými mechanismy a následnou zesílenou erozí. Eroze lesní půdy byla v poválečném období studována v několika oblastech České republiky. Jednou z nich jsou Moravskoslezské Beskydy, protože zde k vývoji intenzivní vodní eroze lesní půdy přispívá několik přírodních faktorů, a to flyšové podloží a vysoké srážky. Důležitý je také lidský faktor, protože těžké lesní traktory poškozuji půdu na svazích a především na lesních komunikacích, což ve svých důsledcích vede k tzv. strojní erozi. Škodlivá je nejen eroze lesní půdy, ale také její tranzitní část – plaveniny, které sedimentují v přehradách; tím může být ohroženo hospodaření pitnou vodou v ostravské průmyslové oblasti. Výzkum vodní eroze v horském jižním zázemí Ostravy je organizován katedrou fyzické geografie a geoekologie Ostravské univerzity od r. 1976, a to především v povodí horní Ostravice (plocha sledovaného povodí nad vodárenskou nádrží Šance činí 72,96 km²). Článek přináší výsledky tohoto výzkumu za období 1976–1998. Analýza získaných údajů prokazuje, že intenzita eroze lesní půdy je dána především silnými a dlouhodobými vodními srážkami.

eroze půdy; plaveniny; Moravskoslezské Beskydy

ÚVOD

Jedním ze současných globálních problémů je eroze půdy. V humidních oblastech je rozhodující vodní eroze půdy, která postihuje nejen zemědělskou půdu, ale také

půdu lesní. Obecným ukazatelem intenzity vodní eroze je její tranzitní část, tj. splaveniny a především jejich nejjemnější součást – plaveniny, jejichž obsah v tocích závisí především na charakteru aktivních přírodních činitelů, tj. na dešťových srážkách, resp. tání sněhu. Z či-

nitelů pasivních je nutné se na prvním místě zmínit o litologii podloží, především o jeho náchylnosti ke zvětrávání, a dále o obsahu jemných částic. Plaveninový režim je však v posledních desetiletích (a to nejen u nás) ovlivňován i činiteli antropogenními, v zalesněných oblastech především používáním lesních mechanismů pro přibližování i odvoz dřeva. Tyto lesnické zásahy mohou být buď přímé (práce mechanismů v rozmočeném terénu po vodních srážkách a tání sněhu), nebo nepřímé (hustá síť lesních komunikací poškozených mechanismy), přičemž v obou případech dochází ke zvyšování obsahu nerozpuštěných látek v tocích. Obsah plavenin a jejich proměnlivost s časem (plaveninový režim) je mírou intenzity vodní eroze v povodích, a protože lesní porosty mají vysokou protierozní funkci, převážná část plavenin pochází především ze strží, poškozených lesních komunikací, resp. také z odkrytých ploch svahů po těžbě dřeva.

Práce vychází ze sledování plaveninového režimu v povodí horní Ostravice (plocha povodí 72,96 km², z nichž zdrojnice horní Ostravice – Bílá má plochu 42,49 km² a Černá 28,91 km², profil pro odběr plavenin je 0,5 km pod jejich soutokem) nad vodárenskou nádrží Šance v období 1976–1998 a je zaměřena především na časové úseky zvýšených dešťových srážek a tání sněhu. Vysoký obsah plavenin v tocích svědčí o erozních procesech v povodích, které nejen ohrožují lesní půdu po stránce kvantitativní i kvalitativní, ale mohou v povodí vést k přemodelování strží a k tvorbě výmolů na lesních komunikacích (především při mimořádných hydrometeorologických situacích). K poznání těchto procesů (často spojených s gravitačními změnami na svazích) byly na mezinárodní úrovni zřízeny studijní skupiny, např. v r. 1988 vznikla při Mezinárodní geografické unii (IGU) studijní skupina Rapid Geomorphological Hazards (RGH), která do svého programu zahrnuje také sledování mimořádných hydrometeorologických situací a jevů s nimi spojených, kdy dochází k poškození reliéfu a půdy.

DOSAVIDNÍ VÝZKUMY VODNÍ EROZE V POVÁLEČNÉM OBDOBÍ V MORAVSKOSLEZSKÝCH BESKYDECH

Systematický výzkum plaveninového režimu v Moravskoslezských Beskydech začal již v padesátých letech v rámci Výzkumného ústavu meliorací a následně Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti v Jílovišti-Strnadlech. Ohrožení hydrologické a vodohospodářské funkce území Moravskoslezských Beskyd bylo po 2. světové válce již natolik závažné, že v r. 1954 byla tato oblast vyhlášena vládním usnesením č. 72 za vodohospodářsky státně důležitou oblast (VSDO). Důležitost tohoto území pro Ostravsko byla ještě umocněna tím, že zde byly vybudovány dvě vodárenské nádrže – Morávka na přítoku Ostravice – Morávce (1966) a Šance na Ostravici (1971).

Po výstavbě těchto nádrží, které plochou povodí svých přítoků zaujmají 34 % VSDO, byla poškození les-

ních půd a s tímto procesem spojenými změnami v hydrologických poměrech beskydské krajiny věnována zvláštní pozornost. V souvislosti s mechanizací lesních prací se však v Moravskoslezských Beskydech začala budovat hustá síť lesních komunikací, což mělo za následek zvýšení obsahu materiálu z jejich povrchu (Beněš, 1978, 1986; Douda, 1981). Z celé řady prací, věnovaných této problematice, je nutné uvést na prvním místě studie Zeleného (1972, 1974, 1975, 1976) a Jařabáče (1978, 1979). Autoři na základě výzkumů od r. 1952 ve dvou experimentálních povodích (Ráztočka a Červík) získali kontinuální řadu údajů o hydrologických a erodologických jevech ve střední části Moravskoslezských Beskyd. Autor studie se koncem sedmdesátých let zabýval stržovou erozí a plaveninovým režimem s přihlédnutím k antropogenním faktorům na urychlení eroze lesní půdy. Zjištěný podíl antropogenně podmíněného zvýšení obsahu nerozpuštěných látek v některých povodích dosáhl 50–64 % celkového obsahu plavenin (Buzek, 1981). Výzkumy také prokázaly, že v některých povodích až 90 % plavenin pochází na mnoha místech z neudržované lesní cestní sítě. Riedl (1972, 1973, 1975) zhodnotil stav protierozní ochrany půdy v povodí vodárenské nádrže Šance, ve které sedimentuje až 90 % celkového množství produktů eroze (plavenin). Zásady hospodaření v lesích vodohospodářského určení vypracovali především Krečmer a Peřina (1982).

Povodí horní Ostravice je z uvedených aspektů natolik závažné, že bývalý Lesní závod Ostravice (dnes Lesy České republiky, s. p.) byl vyhlášen za výzkumný objekt tehdejšího Ministerstva lesního a vodního hospodářství. Právě z tohoto území se o celou řadu lesnických, vodohospodářských a erodologických výzkumů opřela Instrukce MLVH ČSR č. 13/1982, která ve své době byla pro obhospodařování lesů v povodích vodárenských nádrží závazná od 1. 1. 1983 (v současné době je jen doporučena). Závažným dokumentem je sborník z celostátní konference *Víceúčelové obhospodařování lesů v povodích vodárenských nádrží* (Peřina, Krečmer, 1979), který jako *Vzorový projekt pro zvýšení vodohospodářské funkce lesů v povodí vodárenské nádrže řeší tuto problematiku komplexně na dvou malých povodích Vilčok a Řehucí (přítoky Řečice, která ústí zprava do vodárenské nádrže Šance v blízkosti hráze). Tento projekt byl také závažným vzorem pro bývalé lesní závody a byl realizován v některých dalších povodích horní Ostravice. Závěry této studie, v níž je plně respektována ekologická funkce lesů v tak citlivých oblastech, jako jsou území zdrojů pitné vody, jsou aktuální i dnes, i když realizace je technicky i finančně velmi náročná, ale pro zachování základních funkcí lesů do značné míry nezbytná.*

METODA VÝZKUMU

Sledování plaveninového režimu v Moravskoslezských Beskydech bylo od r. 1976 organizováno také na

katedře geografie bývalé Pedagogické fakulty v Ostravě a v tomto úkolu pokračuje do současné doby katedra fyzické geografie a geokologie Přírodovědecké fakulty Ostravské univerzity v Ostravě. Plaveninový režim byl tímto pracovištěm sledován především na přítocích do vodárenských nádrží Morávka a Šance a krátkodobě také na Lomné, levostranném přítoku Olše ve východní části Moravskoslezských Beskyd (Buzek, 1981, 1984, 1987, 1993, 1996, 1997, 1998, 1999). Souvislá řada sledování od r. 1976 existuje pouze pro horní Ostravici po profil limnigrafické stanice ČHMÚ ve Starých Hamrech (plocha povodí 72,96 km²) nad vodárenskou nádrží Šance.

Vzorky vody s plaveninami byly v určených termínech odebrány zařízením, které navrhl Stehlík (1969). V počáteční fázi byly vzorky odebrány ve 14 hodin (při silném opticky pozorovatelném zkalení i v jiných termínech), od r. 1979 pak ve třech denních termínech, a to v 7, 14 a 20 hodin. Údaje o srážkách, změnách ve výšce sněhové pokrývky a průtocích vody poskytl ČHMÚ v Ostravě a informace o charakteru a místech těžebních zásahů bývalý Lesní závod Ostravice (nyní Lesy České republiky, s. p.). Vzorky jsou zpracovávány v pedologické laboratoři katedry fyzické geografie a geokologie Přírodovědecké fakulty Ostravské univerzity.

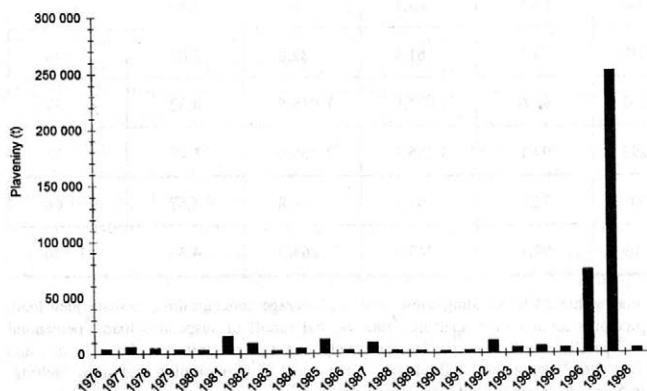
Sledování plaveninového režimu na horní Ostravici lze považovat za klíčové, protože ze všech dříve sledovaných povodí je v tomto povodí intenzita odnosu lesní půdy nejvyšší, což do značné míry může zkomplikovat provoz největší vodárenské nádrže Šance v Moravskoslezských Beskydech, která zásobuje Ostravsko kvalitní pitnou vodou. Provoz této nádrže je komplikován především tím, že se nerozpuštěné látky v nádrži dlouhodobě vznášejí; tím se výroba pitné vody z vody surově prodražuje. Plaveniny v prostorách nádrže sedimentují, jak je zřejmé z rozsáhlé delty u ústí Ostravice do přehrady (její šířka činí několik set metrů, délka dosahuje několika kilometrů); je pozorovatelná při snížené hladině vody v nádrži v období sucha.

Na intenzitu plaveninového režimu mají vliv nejen srážky (resp. tání sněhu), ale také charakter hornin a je-

jich zvětralin. V povodí horní Ostravice jsou to flyšové komplexy svrchní části slezského příkrovu (svrchní vrstvy godulské, istebňanské souvrství) a zčásti i sedimentární komplexy magurského příkrovu. S výjimkou středních vrstev godulských, které budují přední pásmo Moravskoslezských Beskyd a v nichž převládají odolné godulské pískovce, mají ostatní sedimentární komplexy v povodí vysoký podíl rozpadavých břidlic (obsah jílnatých částic I. frakce dosahuje až 40 %), což se projevuje v husté erozní síti. V povodí Bílé je průměrná hustota erozní sítě 2,94 km.km⁻² a v povodí Černé 2,90 km.km⁻². Geomorfologicky povodí horní Ostravice nad vodárenskou nádrží Šance náleží do tří celků Moravskoslezských Beskyd, a to podcelku Radhošťská hornatina, Lysohorská hornatina a Klokočovská hornatina. Litologická proměnlivost flyšových hornin v povodích obou pramenových toků má vliv na proměnlivé sklonové svahy, projevující se střídáním příkřejších úseků na výchozech pískovců (resp. slepenců) a mírnějších svahů na břidlicích (střední sklon povodí Bílé činí 11°34' a v povodí Černé 11°02').

Sledované období (1976–1998) se z hlediska dlouhodobých srážkových úhrnů vyznačuje střídáním let vlhkého i suchého charakteru, což se odráží v celkovém průběhu plaveninového režimu (obr. 1). Pro posouzení vlivu vodních srážek a tání sněhu na plaveninový režim byly použity údaje srážkoměrných stanic, lokalizovaných v uvedených povodích, a to Bílá p. Konečnou (720 m n. m.) a Bílá-Hlavatá (750 m n. m.); v případě zcela mimořádných hydrometeorologických situací bylo přihlédnuto také k údajům jiných stanic (především v r. 1996 a 1997). Pro srovnání s dlouhodobým průměrem byla vybrána stanice Bílá-Hlavatá (souvislá řada sledování 1961–1990).

Plaveninový režim je dán nejen přírodními faktory, ale v daném případě také charakterem lesnických zásahů v terénu, které v mnoha případech zvýšily koncentrace plavenin. V době nízkých průtoků vody to celkový odtok plavenin podstatně nezvýšilo, jiná situace však byla v době, kdy byl terén rozmoklý – především při nižších srážkách (při vyšších srážkách je práce lesních traktorů v terénu z technických důvodů obtížná až nemožná).



1. Odtok plavenin z povodí horní Ostravice v letech 1976–1998 – Runoff of suspended load from the basin of the Upper Ostravice River in the years 1976–1998

I. Plaveninový režim v bystřině horní Ostravice (72,96 km², profil limnigrafické stanice ČHMÚ Staré Hamry nad vodárenskou nádrží Šance) při vodních srážkách 10 mm a více za 24 h a prudkém tání sněhu – The suspended load regime in the Upper Ostravice Torrent (72.96 km²), profile of a limnigraphical station in the Staré Hamry Village above the Šance Dam for drinking water in the periods of rainfall 10 mm and more during 24 hours (and snow melting)

Rok a počet dnů se srážkami nad 10 mm za 24 h včetně tání sněhu ¹	Průměrná koncentrace plavenin ² (g.l ⁻¹)	Odtok plavenin v období mimořádných srážek a tání sněhu ³ (t)	Celkový odtok plavenin za rok ⁴ (t)	Procentuální podíl na odtoku plavenin v patřičném roce ⁵	Specifický odtok plavenin v době srážek nad 10 mm a tání sněhu ⁶ (t.km ⁻²)	Celkový specifický odtok plavenin za rok ⁷ (t.km ⁻²)	Průměrný průtok vody v době srážek a tání sněhu ⁸ (m ³ .s ⁻¹)	Počet dnů práce mechanismů, které ovlivnily koncentraci plavenin ⁹
1976 24 dnů	0,2858	2 860	3 748	76,3	39,2	51,4	8,63	132
1977 32 dnů	0,1362	3 860	5 677	68,0	52,9	77,8	4,37	144
1978 47 dnů	0,2399	3 961	4 679	86,4	54,3	64,1	4,09	131
1979 37 dnů	0,4318	2 341	3 648	64,2	32,1	50,0	3,07	97
1980 41 dnů	0,1408	2 075	3 186	65,1	28,4	43,7	4,52	34
1981 45 dnů	0,1566	14 458	15 190	95,2	198,2	208,2	5,15	78
1982 40 dnů	0,2715	7 864	9 183	85,6	107,8	125,9	4,12	38
1983 32 dnů	0,2392	1 992	2 620	76,0	27,3	35,9	4,24	30
1984 29 dnů	0,3846	3 925	4 361	90,0	53,8	59,8	4,99	40
1985 35 dnů	0,4144	11 722	12 388	95,0	160,7	169,1	6,44	55
1986 42 dnů	0,1567	2 615	2 972	88,0	35,8	40,7	2,42	34
1987 45 dnů	0,2451	8 569	9 644	88,9	117,4	132,2	5,94	36
1988 36 dnů	0,2006	1 950	2 507	77,8	26,7	34,4	3,68	41
1989 28 dnů	0,2420	1 780	2 274	78,3	24,4	31,2	4,39	28
1990 21 dnů	0,1062	1 265	1 409	89,8	17,3	19,3	2,68	27
1991 20 dnů	0,0601	1 731	2 137	81,0	23,7	29,3	4,25	5
1992 40 dnů	0,6853	9 188	11 006	83,5	125,9	150,8	3,52	57
1993 44 dnů	0,2656	3 221	4 505	71,5	44,1	61,7	3,45	73
1994 52 dnů	0,4051	4 972	5 746	86,5	68,1	78,7	3,50	26
1995 39 dnů	0,3514	4 480	6 039	74,2	61,4	82,8	3,03	44
1996 62 dnů	0,5361	73 237	74 102	98,6	1 003,8	1 015,6	4,32	37
1997 55 dnů	1,0080	237 502	252 293	94,1	3 255,2	3 458,0	5,42	71
1998 42 dnů	0,3631	2 875	3 995	72,0	39,4	54,8	3,57	68
Celkem 888 dnů	0,3182	408 443	443 309	92,1	243,4	264,2	4,33	1 326

¹year and number of days with precipitation above 10 mm within 24 h including snow melting, ²average concentration of suspended load, ³suspended load runoff in the event of extraordinary precipitation and snow melting, ⁴total annual runoff of suspended load, ⁵percentual proportion in suspended load runoff in a particular year, ⁶specific runoff of suspended load in the event of precipitation above 10 mm and snow melting, ⁷total specific annual runoff of suspended load, ⁸average water discharge in the event of precipitation and snow melting, ⁹number of days on which the machines operated that influenced suspended load concentrations

Eroze lesní půdy je v České republice procesem, který za příhodných přírodních podmínek a při antropogenních zásazích (především lesnických) nabývá závažných rozměrů. Podle Midriaka (1977) je u nás silnou vodní erozi ohroženo 5–10 % výměry lesní půdy a potenciální ohroženost lesní půdy podle autora dosahuje až 50 %. Zdrojem produktů eroze, tj. plavenin ve vodě toků, jsou především strže, břehové nátrže a sesuvy, po určitou dobu po těžbě dřeva obnažené plochy a především lesní přibližovací komunikace, jak vyplývá i z některých studií v zahraničí (např. Megahan, 1972). Nezanedbatelným zdrojem plavenin jsou především lesní přibližovací komunikace, které jsou poškozeny lesními traktory a vlečenou dřevinou hmotou. Na upěchovaném a pro vodu nepropustném podloží se vytvářejí rýhy, do nichž se soustřeďuje stékající voda, která je dále modeluje a odnáší jemnou frakci.

Období souvislého sledování tohoto problému (23 let) ve střední části Moravskoslezských Beskyd je dostatečně dlouhé, aby bylo možné posoudit vlivy vodních srážek a tání sněhu na odnos jemné půdní frakce z povodí, vyjádřené koncentrací plavenin v toku bystřiny Ostravice, a na jejich celkový odtok. Z analýzy koncentrací plavenin a jejich podmíněnosti srážkami vyplývá, že při deštových srážkách 10 mm a více za 24 h výrazně stoupá nejen koncentrace plavenin, ale také průtok vody, což se projevuje i v hodnotách průtoků plavenin, resp. v celkovém odtoku za určitou časovou jednotku. Při vodních srážkách do 10 mm za 24 h k výraznému zvýšení průtoků vody zpravidla nedochází (pokud se nejedná o krátkodobou bouřkovou srážku, která postihuje obvykle menší území s následnými zvýšenými průtoky vody na malých tocích). Na druhé straně však při srážkách do 10 mm za 24 h pracují v terénu zpravidla lesní mechanismy, což se projeví na koncentraci plavenin, ale při nízkých průtocích vody není odtok plavenin vysoký.

Při celkovém vyhodnocení vlivu vodních srážek nad 10 mm za 24 h a tání sněhu představuje odnos plavenin 81,9 % celkové hmotnosti plavenin za 23 let sledování plaveninového režimu na horní Ostravici nad vodárenskou nádrží Šance (pokud koncentrace plavenin přesáhla hodnotu 2 g.l⁻¹ za 24 h, činí tento podíl 70 %). Situace v závislosti na charakteru srážkového režimu byla v jednotlivých letech proměnlivá, ale v průběhu jednotlivých let neklesl odnos za uvedených situací ani v jednom roce pod 60 % (tab. I). Počet dnů se zvýšenými srážkami (resp. táním sněhu) se zpravidla nekryje s počtem hodnocených dnů, protože zvýšená koncentrace plavenin, jejich zvýšený odtok a také zvýšené průtoky vody za této hydrometeorologické situace pokračovaly i v několika následujících dnech.

V r. 1976 byly v povodí horní Ostravice srážky o 13 % nižší, než je dlouhodobý průměr, a srážky nad 10 mm za 24 h a výrazné tání sněhové pokrývky (leden, únor) se v tomto roce vyskytly ve 24 dnech. Silné tání sněhu v období 1.–10. dubna podmnino odnos plavenin

ve výši 1 426 t (98 % odnosu za duben a 38 % za celý rok 1976). Tento odnos byl umocněn prací lesních mechanismů. Průměrná koncentrace plavenin v tomto období činila 0,1309 g.l⁻¹.

Rok 1977 byl o 15 % vlhčí, než je dlouhodobý srážkový úhrn. Nejvyšší odpady byly v období tání sněhu, spojené se smíšenými srážkami v únoru v průběhu 7 dnů (průměrná koncentrace plavenin činila 0,2012 g.l⁻¹, odnos plavenin 1 149 t, tj. 20 % celoročního odnosu) a v srpnu v průběhu 6 dnů (průměrná koncentrace plavenin dosáhla 0,3731 g.l⁻¹ a celkový odnos 1 289 t, tj. 23 % celoročního odnosu).

I když rok 1978 měl o 3 % méně srážek, než je dlouhodobý průměr, vyskytly se srážky nad 10 mm za 24 h (a tání sněhu) ve 47 dnech, v jejichž průběhu bylo odneseno téměř 85 % plavenin za tento rok. Celodenní srážky 3. a 4. srpna (39,3 mm) vedly nejen ke zvýšení průměrných průtoků vody (z 0,23 m³.s⁻¹ dne 2. 8. na 2,19 m³.s⁻¹ dne 4. 8.), ale také koncentrace plavenin, která dne 3. 8. činila 4,6737 g.l⁻¹; odnos plavenin za tento jediný den dosáhl 911 t, tj. 43 % odnosu za tento měsíc a přes 19 % za rok 1978. Na vysokém odnosu se v srpnu podílely nejen srážky, ale také práce mechanismů v zamokřeném terénu (celkem ve 13 dnech).

V r. 1979 se roční srážkový úhrn blížil dlouhodobému průměru. V průběhu 37 dnů, kdy srážky za 24 h přesáhly hodnotu 10 mm, došlo k největším odnosům v květnu, červnu a prosinci. Ve dnech 22.–25. května celkem spadlo 75,5 mm, z toho 22. května v poledních a odpoledních hodinách měly tyto srážky bouřkový charakter (41 mm), což mírně zvedlo průtoky vody, ale průměrná koncentrace plavenin v tomto bouřkovém dnu činila 3,2433 g.l⁻¹ (ve 14 h okamžitá koncentrace plavenin dokonce dosáhla 5,3577 g.l⁻¹). Od 22. do 25. května odtoklo 364 t plavenin, což z celoročního množství představuje téměř 10 %. Také červen se vyznačoval vysokými srážkami – především ve dnech 14.–19., kdy spadlo 79,9 mm a odtoklo 796 t plavenin (téměř 22 % odnosu za rok). V období 11.–13. prosince spadlo 25,8 mm, což vedlo k odtoku 370 t plavenin (10 % ročního odnosu). V tomto roce v důsledku vyšších srážek a tání sněhu odtoklo do vodárenské nádrže Šance 2 341 t plavenin, což představuje 64,2 % ročního odnosu.

Rok 1980 byl ve srovnání s předcházejícím rokem sušší (97 % dlouhodobého normálu). Nejvyšší odpady při srážkách nad 10 mm za 24 h byly zjištěny v červenci (540 t) a srpnu (248 t), což dohromady představuje téměř 25 % celoročního odnosu. V prosinci (5.–16.) se na koncentraci i odnosu plavenin plně projevilo tání sněhové pokrývky, doprovázené slabými dešťovými srážkami. Při průměrné koncentraci 0,4078 g.l⁻¹ odtoklo 183 t, tj. 6 % celoročního množství. V r. 1980 při silnějších srážkách a tání sněhu odtoklo celkem 2 075 t plavenin, což činí 65,1 % ročního odtoku.

Prvním rokem v průběhu sledování plaveninového režimu v Moravskoslezských Beskydech od r. 1976, kdy se velmi výrazně projevily důsledky mimořádných hydrometeorologických situací, byl rok 1981. I když vodní srážky nad 10 mm za 24 h a tání sněhu se v in-

tenzité plaveninového režimu projevíly ve 45 dnech (srážkový úhrn v tomto roce dosáhl 123 % dlouhodobého průměru), rozhodující bylo období 9.–15. března, kdy se spojil efekt dlouhodobých vodních regionálních srážek (33,7 mm) s táním vysoké sněhové pokrývky (v terénu pracovaly také traktory). Při průměrné koncentraci plavenin $0,8721 \text{ g.l}^{-1}$ oteklo do vodárenské nádrže 12 765 t, což z měsíčního odtoku představuje 99 % a z odtoku ročního 88 % (za období 1976–1998 necelá 3 %). V průběhu jednoho týdne se 50 cm vysoká sněhová pokrývka při teplotách 5–12 °C ve stanici Bílá p. Konečnou zcela rozpustila a spojený efekt tání sněhu a teplého deště podmínil odtok 8,3 mil. m^3 vody z povodí horní Ostravice (52 % odtoku vody za březen 1981). Specifický odtok plavenin v tomto období dosáhl 175 t.km^{-2} . Dne 11. 3. činila průměrná koncentrace plavenin $2,2588 \text{ g.l}^{-1}$ a okamžitá koncentrace v tomto období ve čtyřech měřených případech přesáhla 2 g.l^{-1} . V průběhu 45 dnů roku 1981, kdy vodní srážky (a tání sněhu) přesáhly hodnotu 10 mm za 24 h, oteklo z po-

vodí horní Ostravice 14 458 t plavenin, tj. 95,2 % odtoku za celý rok, a specifický odtok plavenin dosáhl dosud nejvyšší hodnoty, a to $198,2 \text{ t.km}^{-2}.\text{rok}^{-1}$.

I přes nižší srážky v r. 1982 (89 % dlouhodobého průměru) se v průběhu roku projevilo několik výrazných situací, z nichž pozornost zasluhuje období 11.–15. července, kdy spadlo 88,7 mm srážek (průměrná koncentrace plavenin $0,8684 \text{ g.l}^{-1}$) a odtok plavenin za toto krátké období dosáhl 6 264 t, což představuje 85,6 % měsíčního odtoku a 68,2 % ročního odtoku. Srážky nad 10 mm za 24 h (a tání sněhu) vedly k odtoku plavenin o hmotnosti 7 864 t, tj. 85,6 % ročního odtoku.

Ve srážkově normálním roce 1983 se zvýšené srážky (mnohdy spojené s táním sněhu) vyskytly v 32 dnech a v jejich průběhu oteklo 76 % plavenin celoročního množství. Např. za osm dnů měsíce března, kdy tála sněhová pokrývka a srážky v průběhu dvou dnů dosáhly 48 mm, oteklo 502 t plavenin (71 % za březen a 19 % za rok). K obdobné situaci došlo v prosinci uve-

II. Plaveninový režim ve dnech s průměrnou koncentrací plavenin 2 g.l^{-1} a více za 24 h v letech 1976–1998 (bystřina horní Ostravice v profilu limnigrafu CHMÚ, Staré Hamry) – The suspended load regime with the average suspended load concentration 2 g.l^{-1} and more during 24 hours in the years 1976–1998 (the basin of the upper part of the Ostravice Torrent, profile of a limnigraphical station in the Staré Hamry Village)

Datum ¹	Průměrná koncentrace plavenin ² (g.l^{-1})	Odtok plavenin ³ (t)	Specifický odtok plavenin ⁴ (t.km^{-2})	Úhrn vodních srážek ⁵ (mm)	Průměrný průtok vody ⁶ ($\text{m}^3.\text{s}^{-1}$)
3. 8. 1978	4,6737	678	9,3	28,0	1,68
22. 5. 1979	3,2433	227	3,1	41,0	0,81
11. 3. 1981	2,2588	5 406	74,1	33,4 a tání sněhu	27,70
7. 8. 1984	8,1002	1 715	23,5	56,3	2,45
15. 5. 1985	5,3770	2 676	36,7	13,7	5,76
5. 4. 1987	2,0216	1 834	25,1	24,8	10,50
19. 5. 1987	2,1089	887	12,2	15,3	4,87
10. 7. 1989	3,7577	130	1,8	59,2	0,40
28. 3. 1992	3,9225	2 815	38,6	13,0	8,30
6. 6. 1992	2,2409	213	2,9	19,4	1,10
7. 1. 1994	2,0783	756	10,4	19,0 a tání sněhu	4,19
6. 6. 1994	2,6538	1 148	15,7	30,6	5,01
15. 7. 1995	2,3845	1 467	20,1	73,5	7,12
11. 6. 1996	15,4851	3 024	41,4	16,6	2,26
12. 6. 1996	3,6420	628	8,6	50,4	2,00
7. 9. 1996	7,1103	18 676	256,0	92,2	30,40
8. 9. 1996	8,1627	33 429	458,2	24,4	47,40
9. 9. 1996	3,5848	6 876	94,2	10,3	22,20
17. 5. 1997	3,1924	648	8,9	17,2	2,35
18. 5. 1997	7,0290	1 488	20,4	18,5	2,45
7. 7. 1997	18,3961	90 597	1 241,7	45,2	57,00
8. 7. 1997	16,2375	67 340	923,0	47,4	48,00
9. 7. 1997	14,7553	68 205	934,8	81,5	53,50
8. 6. 1998	8,5522	159	2,2	33,2	2,51
Celkem za 24 dnů období 1976–1998	Ø 6,3042	Σ 311 022	Ø 178	Ø 32,7	Ø 14,59

¹date, ²average concentration of suspended load, ³suspended load runoff, ⁴specific runoff of suspended load, ⁵precipitation sum, ⁶average water discharge

deného roku, kdy mezi 19.–21. 12. oteklo 449 t (96 % odnosu za měsíc a 17 % ročního odnosu).

Z hlediska srážek byl rok 1984 mírně podnormální (86 % dlouhodobého průměru), vyskytly se však bouřky s intenzivními srážkami. 7. srpna spadlo za tři hodiny 56,3 mm, což zvýšilo průměrný průtok vody 8. 8. na $6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a průměrná koncentrace plavenin 7. a 8. 8. dosáhla $3,225 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ (okamžitá koncentrace plavenin dne 7. 8. ve 20 h činila $15,9322 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ a 8. 8. v 7 h $5,0462 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$). V těchto srážkově mimořádných dnech oteklo 2 511 t, což představuje 97 % odtoku za srpen a 58 % ročního odtoku.

V r. 1985, kdy spadlo o 15 % srážek více, než je dlouhodobý průměr, se zvýšený odnos nerozpuštěných látek projevil po 35 dní, z toho nejvýrazněji v květnu a srpnu. Dne 15. května za dvě hodiny sice spadlo jen 13,7 mm srážek, ale terén již byl nasycen vodou slabšími srážkami předcházejícího dne. Průměrný průtok vody stoupl z $0,88 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (14. 5.) na $5,76 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (15. 5.). Okamžitá koncentrace plavenin 15. 5. ve 14 h činila $14,4017 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$, průměrná koncentrace byla $5,377 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$. Za uvedené dva dny proteklo profilem limnigrafické stanice St. Hamry 2 732 t plavenin, což je téměř 95 % za tento měsíc a 22 % z celého roku 1985. K dalšímu katastrofálnímu odnosu půdy došlo v srpnu, kdy po bouřce 6. 8. (14,8 mm) spadlo v dalších dvou dnech v průběhu regionálních srážek 196,7 mm. Průměrný průtok vody dne 8. 8. činil $34,6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a 9. 8. stoupl na $40 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Ve dnech 7.–11. 8. při průměrné koncentraci plavenin $0,5446 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ oteklo do přehrady 6 956 t nerozpuštěných látek, tj. téměř 99 % za měsíc srpen a 56 % celoročního odnosu.

Následný rok 1986 měl o 17 % nižší srážky ve srovnání s dlouhodobým průměrem. Silnější srážky se vyskytly koncem května a počátkem června, kdy od 30. 5. do 1. 6. spadlo 27,5 mm a 5. 6. dokonce 36,4 mm. V týdnu 1.–6. 6. při průměrné koncentraci plavenin $0,268 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ proteklo sledovaným profilem horní Ostravice 1 092 t plavenin (92,8 % za měsíc červen, 36,7 % ročního množství). V průběhu 42 dnů tohoto roku, kdy vodní srážky svým úhrnem za 24 h přesahovaly 10 mm, bylo odneseno 88 % plavenin ročního množství.

Rok 1987 byl o 5 % vlhčí než dlouhodobý průměr a v průběhu 45 dnů bylo za uvedených hydrometeorologických situací odneseno téměř 89 % nerozpuštěných látek za celý rok. Podílely se na tom především vysoké srážky v dubnu, květnu a červnu. 5. dubna spadlo celkem 24,8 mm srážek, což zvýšilo průměrné průtoky vody na $10,5\text{--}13,4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a průměrná koncentrace plavenin ve dnech 5.–6. 4. činila $1,3822 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ (průměrná koncentrace plavenin dne 5. 4. dosáhla $2,0216 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ a okamžitá koncentrace 5. 4. ve 14 h $3,2781 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ a 6. 4. v 7 h $2,7055 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$). Odnos plavenin v průběhu těchto dvou dnů dosáhl 2 698 t, tj. 77,6 % dubna a 28 % roku 1987. K obdobným situacím došlo ve dnech 16.–22. května (odnos plavenin 1 575 t, tj. 16 % celoročního odnosu) a 27.–28. června (odnos 1792 t, tj. 18,6 % ročního odnosu). Za 11 dnů roku 1987 bylo odneseno do přehrady Šance 63 % plavenin z celoročního množství.

Srážkový úhrn v r. 1988 odpovídá dlouhodobému normálu a ani v jednom případě (z 36 dnů se srážkami nad 10 mm za 24 h a tání sněhu) nepřesáhla hmotnost odnosu 1 000 t. Nejvyšší odnosy se vyskytly v době tání sněhové pokrývky, mnohdy byly spojené se slabšími vodními srážkami. Uprostřed roku se výrazněji projevila na koncentraci plavenin i jejich odtoku bouřková srážka dne 7. června (11,7 mm), kdy koncentrace plavenin stoupla na $0,8472 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ a oteklo 242 t (45,4 % měsíčního množství a 10 % množství celoročního).

Sušší rok 1989 (92 % dlouhodobého srážkového průměru) měl ve 28 dnech vyšších srážek a tání sněhu zvýšené koncentrace a odnos plavenin v únoru, červenci a prosinci. V únoru při tání sněhu a vodních srážkách (32,1 mm ve dnech 20.–22. 2. a 25.–28. 2.) bylo při průměrné koncentraci plavenin $0,1444 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ odneseno 1 183 t (97,8 % za únor a 52 % ročního množství). 10. července spadlo v bouřce 59,2 mm srážek, což zvýšilo průměrnou koncentraci plavenin 10. a 11. 7. na $1,9014 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ (průměrná koncentrace plavenin 10. 7. činila $3,7577 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ a okamžitá koncentrace ve 14 h $7,6129 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$). Odnos plavenin v těchto dvou dnech činil 143 t (70 % měsíčního odnosu). Obdobná situace jako v únoru se vyskytla v prosinci 1989, kdy bylo tání sněhu doprovázeno deštěm (27,1 mm), průměrná koncentrace plavenin v období 14.–18. 12. činila $0,1077 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ a odnos 209 t (90,3 % měsíčního odnosu). Při vyšších srážkách a tání sněhu bylo v tomto roce odneseno 78,3 % celoročního množství plavenin.

Obdobně byl srážkově méně bohatý i rok 1990, protože spadlo o 13 % méně srážek, než je dlouhodobý průměr. V průběhu 21 dnů byl nadměrný zvýšený odnos zaznamenán ve dnech 24.–28. května (80,2 mm), kdy při průměrné koncentraci plavenin $0,3837 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ oteklo 922 t, tj. 98 % odtoku plavenin v měsíci a 65 % množství odtoku celoročního. Při srážkách nad 10 mm činil odnos plavenin téměř 90 % celoročního množství.

Z hlediska srážek měl rok 1991 chudší téměř o 15 % a pouze v měsíci srpnu (ve dnech 1.–4.) spadlo celkem 102,6 mm, což vedlo k výraznému zvýšení koncentrace plavenin (v průměru $0,1321 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$, odnos 1 558 t, tj. 97 % odnosu za měsíc a 73 % odnosu celoročního množství plavenin). Srážky převyšující 10 mm za 24 h se vyskytly ve 20 dnech.

Rok 1992 byl výrazně suchý (74,3 % dlouhodobého průměru), ale tání vysoké sněhové pokrývky až do dubna a několik přívalových srážek (především v červnu) způsobilo, že odtok plavenin byl poměrně vysoký. Tání sněhu koncem března (především ve dnech 26.–30.) zvedlo průměrné průtoky vody až na $10 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a koncentraci plavenin v průměru na $1,2621 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ (okamžitá koncentrace plavenin dosáhla 28. 3. ve 20 h $4,4971 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ a 29. 3. v 7 h $4,3025 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$). V průběhu uvedených pěti dnů proteklo profilem limnigrafu ve St. Hamrech 4 141 t, tj. 92,3 % za březen a 37,6 % množství celoročního. V průběhu 40 dnů spadlo celkem (při dešťových srážkách 10 mm a více za 24 h) 308,1 mm vody, což vedlo při průměrné koncentraci plavenin $0,6853 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ k odno-

su 9 188 t nerozpuštěného materiálu (83,5 % celoročního množství).

Obdobně i rok 1993 byl sušší ve srovnání s dlouhodobým průměrem (86,1 %), avšak obdobně jako v r. 1992 bylo rozhodující pro intenzitu odnosu tání sněhové pokrývky, spojené se slabými vodními srážkami. Zcela evidentně je to vidět v období 16.–26. ledna, kdy při tání sněhu průměrné denní průtoky vody stoupaly až na $4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, průměrná koncentrace plavenin činila v tomto období $0,4234 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ a do vodního díla Šance oteklo celkem 1 650 t plavenin (87,5 % za leden a 36,6 % množství celoročního). Za 44 dnů tohoto roku při tání sněhu a srážkách nad 10 mm za 24 h oteklo 71,5 % celkového ročního objemu plavenin.

Rok 1994 byl o 13 % vlhčí, než je dlouhodobý průměr. V průběhu 52 dnů sledování podle uvedených kritérií došlo k vysokým odnosům plavenin nejen v době tání sněhu, spojeného s deštěm (leden), ale také v letním období vlivem vysokých srážek. Ve dnech 5.–9. 1. tála sněhová pokrývka a zároveň spadlo 11,6 mm vodních srážek, což zvýšilo průměrnou koncentraci plavenin na $0,6663 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ (7. 1. průměrná koncentrace plavenin byla $2,0876 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ a okamžitá koncentrace ve 20 h $4,0538 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$). V průběhu těchto dnů oteklo z povodí horní Ostravice 1 383 t (87,9 % měsíčního odnosu a 24 % odnosu ročního). V červnu (ve dnech 5.–6.) spadlo 37,5 mm srážek, což zvýšilo průměrný průtok vody z $0,9 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (5. 6.) na $5,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (6. 6.). Při průměrné koncentraci plavenin $2,6538 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ 6. 6. (okamžitá koncentrace v tomto dni ve 14 h činila $5,1494 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$) oteklo do přehrady Šance v průběhu dvou dnů 1 148 t plavenin (97,9 % za měsíc a 20 % ročního množství). Celkově představoval odnos plavenin při vyšších srážkách a prudkém tání sněhu 86,5 %.

Srážky v r. 1995 byly vyšší o 10,6 %, než je dlouhodobý srážkový úhrn. V průběhu 39 dnů zvýšených vodních srážek a tání sněhu oteklo 74,2 % celoročního odnosu plavenin. Nejvýrazněji se tento stav projevil ve dnech 15.–16. července, kdy spadlo 73,5 mm, což vedlo k silnému splachu (15. 7. dosáhla okamžitá koncentrace plavenin $2,3485 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ ve 20 h). Odtok plavenin v průběhu těchto dvou dnů dosáhl 1 634 t, což je 94,6 % měsíčního odtoku a 27 % odtoku ročního.

Rok 1996 se v průběhu dosavadního studia plaveninového režimu na horní Ostravici projevil poprvé jako rok zcela mimořádný. Vysoký odnos lesní půdy byl podmíněn především rozsáhlými regionálními srážkami v několika obdobích (v ročním úhrnu srážek byl však tento rok sušší, protože spadlo celkem o 6,4 % méně srážek ve srovnání s dlouhodobým průměrem). K prvnímu výraznějšímu odnosu došlo v dubnu (17.–26. 4., kdy tál sníh a byly slabé vodní srážky, přičemž v terénu pracovaly také traktory). Při průměrné koncentraci plavenin $0,6871 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ (okamžitá koncentrace 21. 4. ve 20 h dosáhla $2,2143 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ a následujícího dne v 7 h $2,0332 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$) oteklo v průběhu 10 dnů 7 213 t (90,2 % odtoku za duben a 9,7 % ročního odtoku). Ke druhé vysoké vlně odnosu lesní půdy došlo ve dnech 10.–13. 6., kdy v prů-

běhu dvou dnů dosáhly srážky 67 mm. I když průměrné denní průtoky vody nebyly příliš vysoké (maximálně $2,26 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), průměrná koncentrace plavenin v průběhu těchto čtyř dnů činila $4,962 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ a okamžitá koncentrace dosáhla 11. 6. ve 20 h $30,7016 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ a v ranních hodinách 12. 6. $13,1044 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$. Odtok plavenin při těchto vysokých koncentracích dosáhl 3 727 t (85,6 % měsíce a 5 % celoročního odnosu). K největšímu dosud zapsanému odnosu od r. 1976 došlo ve dnech 7.–16. září, kdy srážky nad 10 mm za 24 h dosáhly hodnoty 185,2 mm. Průměrná koncentrace plavenin v tomto období činila $1,8935 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$, přičemž okamžitá koncentrace přesáhla v sedmi případech hodnoty $2 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ (např. 7. 9 ve 20 h – $14,0517 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ a 8. 9. v 7 h – $17,1548 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$). Celkový odnos v průběhu uvedených 10 dnů činil 60 415 t (99,6 % září a 81,5 % odnosu za rok 1996). V r. 1996 bylo v průběhu 62 dnů se srážkami nad 10 mm za 24 h a tání sněhu do vodárenské nádrže Šance transportováno 98,6 % celkového množství plavenin za celý rok.

K nejvyšším projevům vodní eroze v povodí horní Ostravice od r. 1976 došlo v r. 1997, kdy při intenzivních regionálních srážkách 4.–8. července ve stanici Bílá p. Konečnou spadlo 290,7 mm, tj. 253,4 % srážkového úhrnu za měsíc (v těchto dnech např. spadlo na Lysé hoře 585,7 mm, na Bílém Kříži 353,8 mm a na stanici Šance u přehradní zdi vodního díla dokonce 616,9 mm – Hydrometeorologická zpráva o odtokové situaci v červenci 1997 v povodí Odry, horní Moravy a Bečvy, 1997). Tyto katastrofální srážky postihly velkou část Moravy a českého Slezska. Průměrná koncentrace plavenin ve dnech 6.–10. července činila ve sledovaném profilu horní Ostravice $10,1137 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ a okamžitá koncentrace dosáhly např. 7. 7. ve 20 h $36,0239 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$, 8. 7. ve stejnou dobu $23,5275 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ a 9. 7. opět ve 20 h $14,7553 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$. V důsledku vysokého obsahu plavenin ve vodě a vysokých průtoků vody (průměrné denní průtoky vody se v uvedených dnech pohybovaly mezi $48\text{--}57 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) došlo k enormnímu odnosu plavenin, které ve dnech 6.–10. 7. dosáhly výše 227 567 t, tj. 93 % odnosu za červenec a 90 % za rok 1997. Až do r. 1996 průměrný roční specifický odtok plavenin v povodí horní Ostravice činil $69 \text{ t} \cdot \text{km}^{-2}$, avšak v důsledku červencové mimořádné hydrometeorologické situace stoupl specifický odtok na průměrnou roční hodnotu přes $200 \text{ t} \cdot \text{km}^{-2}$ (v období 6.–10. 7. 1997 specifický odtok plavenin celkem činil $3 119 \text{ t} \cdot \text{km}^{-2}$). Z výzkumu intenzity sedimentace plavenin v prostorách vodárenské nádrže Šance (Buzek, 1981) vyplývá, že se v ní usazuje asi 90 % nerozpuštěného materiálu, takže za celé sledované období (1976–1998) v ní sedimentovalo přes 240 000 t plavenin (část tohoto sedimentovaného materiálu je vidět v období sucha při ústí Ostravice do přehrady jako rozsáhlou deltu o mocnosti až 70 cm). Vzhledem k tomu, že přehrada je dostatečně objemná (64 mil. m^3), nehrozí akutní nebezpečí zmenšování jejího prostoru zanášením plaveninami, avšak sedimentace přinášeného materiálu je velmi pozvolná (především u koloidů a jemného jílu), takže tyto látky se ve vodě

dlouho vznášejí a po odběru na čistírnu vody mohou být jednou z příčin prodražování výroby pitné vody z vody surové (Buzek, 1997).

Mimořádná hydrometeorologická situace v červenci 1997 vedla k přeměťování den bystřin a strží, z nichž byla odplavena nejen jemná frakce, ale také hrubší materiál, odkrylo se skalní podloží a v mnoha případech byla narušena stabilita pat svahů nad koryty a došlo k sesouvání půdy (především v údolí Bílé a Černé, Smradlavé, Lučovce a dalších přítoků horní Ostravice). Sesuvy se kromě strží a poškozených komunikací stanou na dlouhou dobu také zdrojem plavenin, protože jsou nestabilní a v době srážek a tání sněhu se budou dále posouvat do koryt toků. Tyto svážné terény nejsou pokryty vegetací, takže při silnějších srážkách se z nich bude bombardováním uvolňovat jemný materiál. Celkem se v průběhu 55 dnů roku 1997 při průměrné koncentraci plavenin $1,0008 \text{ g.l}^{-1}$ dostalo do přehrady 237 502 t plavenin.

Rok 1998 byl o 4,2 % sušší, než je dlouhodobý průměr. Tání sněhu a dešťové srážky vedly ve dnech 13.–17. 2. při průměrné koncentraci plavenin 0,2386 g.l^{-1} k odtoku 507 t plavenin (85,4 % odnosu za únor). 8. června spadlo 33,2 mm srážek, což podmiňovalo průměrnou koncentraci plavenin $7,4853 \text{ g.l}^{-1}$ (ve 20 h byla okamžitá koncentrace plavenin $9,623 \text{ g.l}^{-1}$); následkem byl ve dnech 8.–9. 6 odtok plavenin 185 t (35,8 % měsíčního odnosu). Ve dnech 13.–19. 9. spadlo 50,9 mm srážek a odtok plavenin v důsledku těchto srážek nad 10 mm za 24 h činil 766 t (63,5 % za měsíc a 19,2 % za celý rok). Rok 1998 byl srážkově vyrovnaný a v průběhu 42 dnů vyšších srážek a tání sněhu odtok z povodí horní Ostravice 72 % plavenin.

Stručná charakteristika plaveninového režimu jako ukazatele intenzity vodní eroze svědčí na základě kvantitativních údajů z dlouhodobé řady sledování o tom, že intenzita odnosu půdy závisí především na charakteru hydrometeorologických situací, přičemž je nutné brát v úvahu také charakter hornin v podloží, resp. jejich zvětralín. Starší studie, které srovnávaly odnos lesní půdy z povodí horní Ostravice (v podloží převládají břidlice) se třemi povodími nad vodárenskou nádrží Morávka (Morávka, Nytrová a Slavíč), kde v podloží převládají rozpadavé pískovce (podobně jako v povodí levostranné pobočky Olše – Lomné), ukazují, že v povodí horní Ostravice je odnos půdy třikrát až čtyřikrát vyšší za shodných hydrometeorologických situací a při obdobných lesohospodářských zásazích (Buzek, 1984, 1989, 1991, 1992).

Přibližování dřevní hmoty po nebezpečných a poškozených přibližovacích komunikacích (v povodí Bílé činí jejich délka 53 km, což při šířce komunikací 3 m představuje 0,41 % plochy povodí; v povodí Černé je poškozeno 23 km lesních cest, tj. 0,31 % plochy povodí) představuje faktor, který do značné míry přispívá ke zvýšení odnosu nerozpuštěného materiálu do recipientů, v nichž jsou přenášeny do nižších poloh. Projevy lesnických zásahů na zvýšení odnosu nerozpuštěného materiálu jsou zřetelné především tam, kde je hustá síť

poškozených lesních komunikací situována v blízkosti strží a bystřin nebo na příkrych svazích nad koryty, a dále tam, kde jsou skládky dřeva zřizovány v blízkosti koryt bystřin, takže při manipulaci se dřevem ve vlhkém terénu se odnos zvyšuje podobně jako při práci traktorů v porostech a přibližování dřevní hmoty v době dešťových srážek a tání sněhu. Pokud nejsou lesní cesty po ukončení přibližovacích prací asanovány, stávají se v období srážek postupně odtokovými liniemi a tvoří se na nich stružky a výmoly.

Aby eroze lesní půdy neměla z hlediska lesnických zásahů vzestupnou tendenci, je nutné dbát na tyto zásady:

1. terény, které mají vlivem podloží slabou únosnost a pro vyšší obsah jílovitých částic v období srážek a tání sněhu snadno rozbředávají, jsou nevhodné pro výhradní nasazení traktorové technologie. Vhodným technologickým postupem v takovém případě by měly být lanovkové systémy;
2. pro ohrožené terény na rozbředávajícím podloží je nutné rozpracovat systém přibližování dřeva z hlediska sezonnosti a zásadně nepřibližovat dřevo traktory v období srážek a po nich, pokud terén neoschne (obdobně by se mělo postupovat i v době tání sněhu);
3. v ohrožených terénech používat lanovkové technologie, protože nevyžadují hustou síť přibližovacích komunikací;
4. dřevní hmotu z rozptýlené těžby přibližovat koňskými potahy, protože v málo únosném terénu i jeden průjezd traktoru po spádnicí může vytvořit rýhu pro dlouhodobý soustředěný odtok vody;
5. dřevní hmotu soustřeďovat na skládky do takových lokalit, které nejsou v blízkosti bystřin, a její transport organizovat tak, aby přibližovací trasy pokud možno neprotínaly nepřeměšné přirozené odtokové linie;
6. důležitou součástí ochrany terénu ještě v době těžebních a přibližovacích prací je úprava skopaných úseků nad komunikacemi, a to jejich vhodné sešikmení, technická a biologická asanace (hydroosev);
7. po ukončení těžby je nutné zabezpečit základní asanační opatření v narušeném terénu – především na příkřejších svazích pokrýt narušené plochy klestím, resp. použít hydroosevu, poškozené komunikace opatřit svodnicemi.

Dodržování těchto základních zásad je v souladu s ustanoveními lesního zákona a s Instrukcí MLVH č. 13 (1982). Praxe, a to nejen v Moravskoslezských Beskydech, ukazuje, že právě na nejnižší kategorii lesních komunikací, tj. svážnicích a nebezpečných odvozních cestách, se vytvářejí morfologicky výrazné rýhy, které jsou zdrojem plavenin. Ze sledování plaveninového režimu v letech 1976–1998 v povodí horní Ostravice vyplývá, že „strojní eroze“ může mít vliv až na 50% zvýšení koncentrace plavenin (Buzek, 1981). Rozhodující část plavenin při mimořádných hydrometeorologických situacích byla odnesena v případech, kdy průměrná koncentrace plavenin přesáhla hodnotu 2 g.l^{-1} ; takových dnů bylo v celém sledovaném období pouze 24 (tj.

0,3 % všech dnů za sledované období). Tyto dny se vyznačovaly vysokými průtoky vody a do vodárenské nádrže Šance v nich bylo přesunuto 311 022 t plavenin, tj. 70 % celkového odnosu za období 1976–1998, přičemž nejvyšší hodnoty okamžitých i průměrných koncentrací byly v r. 1996 (září) a 1997 (červenec – tab. II).

ZÁVĚR

Vodní eroze půdy je přirozený morfogenetický proces, jehož intenzita a průběh jsou dány jak přírodními, tak i antropogenními činiteli. Ve středohorském zalesněném terénu střední části Moravskoslezských Beskyd nad vodárenskou nádrží Šance je od r. 1976 sledován plaveninový režim na bystřině horní Ostravice (plocha povodí pro odběrový profil činí 72,96 km²). Plaveninový režim je ukazatelem intenzity vodních erozních procesů a příspěvek přináší souhrnné zhodnocení režimu nerozpuštěných látek v toku horní Ostravice v letech 1976–1998.

Horský reliéf jižně od Ostravy v severovýchodní části České republiky (Moravskoslezské Beskydy) je charakterem svého flyšového podloží a vysokými vodními srážkami z hlediska těchto přírodních faktorů náchylný k vodní erozi lesní půdy; tato náchylnost je do značné míry umocněna antropogenně mechanizací lesních prací (strojní eroze). Tranzitní část produktů eroze, tj. plaveniny, je vodou přenášena do vodárenské nádrže Šance, v níž sedimentuje, resp. nejmenší částice se ve vodě nádrže dlouhodobě vznášejí, a tím se komplikuje výroba pitné vody ze surové vody pro ostravskou oblast.

Třiatřicetiletá řada pozorování plaveninového režimu v horní části povodí Ostravice nad vodárenskou nádrží Šance prokázala, že intenzita odnosu půdy je primárně podmíněna charakterem flyšového podloží a intenzitou i dobou trvání vodních srážek, resp. rychlostí tání sněhové pokrývky. Odnos lesní půdy výrazně roste tehdy, pokud jsou v zamokřeném terénu nasazeny lesní traktory, které transportují dřevo do údolních poloh, přičemž poškozují svahy a přibližovací komunikace.

Od r. 1976, kdy na horní Ostravici bylo zahájeno sledování plaveninového režimu, měla eroze půdy nejvyšší intenzitu v r. 1996 a 1997. Vysoké hodnoty odnosu lesní půdy za celé období sledování byly zaznamenány v červenci 1997, kdy vlivem rozsáhlých regionálních srážek okamžitá koncentrace plavenin v toku horní Ostravice (limnigraf ČHMÚ ve St. Hamrech) přesáhla 35 g.l⁻¹ a v nejkritičtější období 7.–9. 7. činila průměrná koncentrace plavenin 16,4630 g.l⁻¹. Celkový odnos plavenin v červenci roku 1997 z povodí horní Ostravice dosáhl 244 506 t, tj. 54 % odnosu nerozpuštěných látek za období 1976–1996. Na tomto katastrofálním odnosu (a následné sedimentaci v prostoru vodárenské nádrže Šance) se nepodílel pouze mimořádná hydrometeorologická situace v tomto měsíci, ale do značné míry byla usnadněna hustou erozní sítí v tomto povodí (v průměru

2–3 km.km⁻²) a traktory poškozenými lesními komunikacemi (jejich hustota se podle jednotlivých povodí horní Ostravice pohybuje v rozmezí 0,85–1,25 km.km⁻²).

Nadměrně vysoké odnosy plavenin při jejich průměrné denní koncentraci 2 g.l⁻¹ za 24 h se v průběhu výzkumu vyskytly pouze ve 24 dnech, ale v průběhu těchto dnů oteklo 70 % celkového množství plavenin v období 1976–1998. Spojení pasivní přírodní složky povodí (převaha břidlic ve flyšovém podloží) s přírodními složkami aktivními (intenzivní a dlouhodobé vodní srážky, rychlé tání sněhové pokrývky) a složkou antropogenní (poškození reliéfu traktory a jejich nasazování v zamokřeném terénu) spadají z erozního hlediska do kategorie přírodních katastrof, v tomto případě katastrof geomorfologických a pedologických (RTG).

V prostoru vodárenské nádrže Šance sedimentuje až 90 % přítoky transportovaných plavenin, což do jisté míry ohrožuje tuto nádrž zanášením nerozpuštěnými látkami, ale ze současného pohledu je závažnějším faktorem, že nejmenší částice plavenin a koloidy se ve vodě nádrže dlouhodobě vznášejí, což komplikuje a také prodražuje výrobu pitné vody z vody surové. Aby účinky antropogenních zásahů na zvýšení eroze lesní půdy byly minimalizovány, je nutné upravit používání traktorové technologie při přibližování dřeva především v zamokřeném terénu. Ekologicky je vhodné vyšší nasazování lanovkových systémů, pro něž není nutné budovat hustou síť lesních komunikací jako pro traktory.

Literatura

- BENEŠ, J., 1978. Zhodnocení stavu lesní dopravní sítě. Lesnictví, 24: 923–942.
- BENEŠ, J., 1986. K problematice výstavby lesní dopravní sítě. Lesn. Práce, 65: 191–198.
- BUZEK, L., 1981. Eroze proudící vodou v centrální části Moravskoslezských Beskyd. Spisy Pedagogické fakulty v Ostravě, 45. Praha, SPN: 165.
- BUZEK, L., 1984. Eroze proudící vodou v povodí horní Ostravice v letech 1976–1982. Vod. Hospod., ř. A, 34: 288–294.
- BUZEK, L., 1987. Vliv lesních měšatelských na uskoření erozí lesnoj počvy. In: Sbor. z konf. The Impact of Human Activities, on the Environment. Ljubljana, Geographica Slovenica, 12: 459–468.
- BUZEK, L., 1989. Erozní procesy v povodí Ostravice a Lomné v Moravskoslezských Beskydech. In: Sbor. prací Pedagogické fakulty v Ostravě, E–19, 117. Praha, SPN: 221–237.
- BUZEK, L., 1991. Plaveninový režim v povodích horských bystřin střední a východní části Moravskoslezských Beskyd. In: Sbor. prací Pedagogické fakulty v Ostravě, E–21, 127. Praha, SPN: 109–138.
- BUZEK, L., 1992. Plaveninový režim horských bystřin Moravskoslezských Beskyd a západní části Podbeskydské pahorkatiny. [Studie pro Ústav ekologie průmyslové krajiny ČSAV.] Ostrava: 52, 27 tab., 14 příloh.
- BUZEK, L., 1993. Vliv dešťových srážek a tání sněhu na intenzitu eroze půdy v Moravskoslezských Beskydech

- v letech 1976–1990. In: Sbor. prací Přírodovědecké fakulty Ostravské univerzity, č. 1, 136. Ostrava: 33–45.
- BUZEK, L., 1996. Faktory urychlené eroze v jižním horském zázemí Ostravské průmyslové oblasti. In: Geografie – Sborník České geografické společnosti, 101. Praha: 211–224.
- BUZEK, L., 1997. Vodárenské nádrže v Moravskoslezských Beskydech a možnosti ohrožení jejich provozu. In: Geografie – Sborník České geografické společnosti, 102. Praha: 42–49.
- BUZEK, L., 1998. Plaveninový režim v povodí horní Ostravice nad vodárenskou nádrží Šance v letech 1996 a 1997. In: Sbor. prací Přírodovědecké fakulty Ostravské univerzity, Geografie – Geologie, 174, č. 6: 7–18.
- BUZEK, L., 1999. Water erosion of the forested area in the central part of the Moravskoslezské Beskydy Mts. – north-eastern part of the Czech Republic. In: Modern nature use and anthropogenic processes. Irkutsk – Sosnowiec, Institut of Geography, Russian Academy of Science: 18–28.
- DOUDA, V., 1981. Poškození lesních půd těžební dopravní mechanizací. Lesnictví, 27: 1045–1084.
- JARABÁČ, M., 1978. Nové zásady hospodaření ve vodohospodářsky důležitých lesích. In: Celostátní konf. Problematika hospodaření v chráněných oblastech vodních zdrojů pitné vody. Havířov, ČSVTS: 121–135.
- JARABÁČ, M., 1979. Zhodnocení vývoje a současného stavu vodohospodářských funkcí lesů na území vodohospodářsky státně důležité oblasti Beskyd. [Závěrečná zpráva.] Ostrava, Severomoravské státní lesy: 78.
- KREČMER, V. – PEŘINA, V., 1982. Aplikace výsledků lesnicko-hospodářského výzkumu v lesním hospodářství ČSR. In: Lesnické vodní hospodářství v tvorbě životního prostředí. Ostrava, SVK: 13–23.
- MEGAHAN, W. F., 1972. Logging, erosion, sedimentation – are they dirty words? J. For., 32: 403–407.
- MIDRIAK, R., 1977. Potenciálna erózia lesnej pôdy ČSSR. Ved. Práce VÚLH Zvolen, 25. Bratislava, Príroda: 201–288.
- PEŘINA, V. – KREČMER, V. (ed.), 1979. Víceúčelové obhospodařování lesů v povodích vodárenských nádrží. Sbor. celostátní konf. Ostrava, ČSVTS: 22–28.
- RIEDL, O., 1972. Protierozní ochrana půdy v povodí vodní nádrže Šance. [Studie pro KNV v Ostravě.] Brno, VŠZ: 37.
- RIEDL, O., 1973. Posouzení rozsahu a způsobu těžeb z hlediska negativních dopadů na vodárenskou funkci nádrží a ostatních hospodářských zájmů v CHKO. [Studie pro KNV v Ostravě.] Brno, VŠZ: 83.
- RIEDL, O., 1975. Vodohospodářská funkce lesů a lesnicko-technické meliorace. Lesnictví, 21: 145–153.
- STEHLÍK, O., 1969. Wasserprobenahmegerät zur Feststellung der Schwebstoffmenge. Zpr. Geogr. Úst. ČSAV, VI: 7–10.
- ZELENÝ, V., 1972. Možnosti snížení eroze na lesní půdě. In: Ochrana zdrojů pitné vody, Sbor. 13. vodohospodářského semináře ve Frenštátě p. R. Ostrava, ČVTS: 78–90.
- ZELENÝ, V., 1974. Vodohospodářský význam lesů na příkladu beskydských experimentálních povodí. Zvolen, Ved. Práce VÚLH, 19: 57–92.
- ZELENÝ, V., 1975. Vliv hospodářských zásahů v lesních porostech na erozi půdy. [Dílčí zpráva úkolů.] Praha, VÚM: 72.
- ZELENÝ, V., 1976. Eroze na lesní půdě a její společenský význam na příkladu Beskyd. Lesn. Práce, 55: 25–31.
- Hydrometeorologická zpráva o odtokové situaci v červenci 1997 v povodí Odry, horní Moravy a Bečvy (předběžná zpráva). Ostrava, ČHMÚ: 26.
- Inventarizace lesních komunikací v povodí nádrže Šance, 1975. Ústav pro hospodářskou úpravu lesů, Frýdek-Místek: 25.
- Instrukce MLVH ČSR č. 13/1982. Praha, Věstník MLVH ČSR, č. 14.

Došlo 26. 3. 1999

THE SUSPENDED LOAD REGIME IN THE BASIN OF THE UPPER OSTRAVICE RIVER (THE MORAVSKOSLEZSKÉ BESKYDY MTS.) ABOVE THE ŠANCE WATER RESERVOIR IN THE YEARS 1976–1998

L. Buzek

University of Ostrava, Faculty of Science, Bráfova 7, 701 03 Ostrava 1

Forest soil erosion has become a serious morphogenetic problem in Central Europe in the post-war period; its intensity has been increasing as a result of anthropogenic activities. Logs are skidded to roadside landings mostly by forest wheel tractors, so it is necessary to build forest roads for operations of these tractors. The wheel traffic of these heavy-duty forest tractors causes soil compaction on slopes and forest roads, thus water infiltration is prevented, water flows on the ground surface washing away fine materials into ravines and torrents while gullies are produced on forest land and on roads. The impacts of this anthropogenic activity in

combination with heavy rainfalls and/or fast snow melting are reflected in increased contents of fine materials (suspended load) in water streams. The suspended load regime in the areas with commercial forests is influenced to a large extent not only by natural factors but also by anthropogenic activities, forest management measures in this case.

Research on water erosion south of Ostrava town has been organized by the Department of Physical Geography of the University of Ostrava since 1976 in the predominantly forested area of the basin of the Upper Ostravice River. The choice of this basin was influenced

by the fact that the Upper Ostravice River empties into the Šance water reservoir which supplies the region of Ostrava with drinking water. The function of this water reservoir and the production of drinking water could be considerably endangered by the outwash of products of erosion (suspended load) which sediment in the water reservoir from 90%, or, to be more precise, they float in water for a long time.

When precipitation exceeds 10 mm during 24 hours, the concentration of solids is strongly rising. 23 years long observations show that 82% of the whole amount of suspended load was transported in the above mentioned situations. If the concentration of suspended load was higher than 2 g.l^{-1} in 24 hours, the runoff of suspended load from the whole amount of suspended load represents 60% in the period 1976–1998 (Table I, II).

Although the suspended load regime in the Upper Ostravice River above its mouth into the water reservoir has been the subject of research since 1976 (Buzek, 1996), an exceptional hydrometeorological situation in the years 1996 and 1997 proved that catastrophic rainfall leading to a higher discharge of water and causing also high concentrations of solids as a consequence of carrying away of soil, is crucial for the intensity of water erosion. Another important factor having the in-

fluence on the exceptional solids regime in the years mentioned above, was the anthropogenic one, i.e. dense net of damaged forest roads and results of using forest tractors for logging on the wet ground (machine erosion).

The character of suspended load regime depends on rainfall, its intensity, its duration and its time spread. It was proved in July 1997 as a consequence of catastrophic rainfall. 585.7 mm of precipitation fell down from July 4 to July 8 on the Lysá hora Mt. and in the Bílá Village. These rains caused an enormous increase of water discharge, for example from 17 to $57 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ of running water was measured on the limnigraph. The results of exceptionally high and few days lasting rains were high concentrations as well as high runoff of solids which have not been measured since 1976. For example on July 7 the concentration of suspended load reached 36.0239 g.l^{-1} at 8 p.m. and total discharge of suspended load was 91,000 tons that day. Total carrying away of suspended load in July 1997 from the basin of the Upper Ostravice River proves to be 54% of the outwash of non-dissolved material in the basin in the period 1976–1996. Such a situation is possible to comprehend as a type of Natural Hazard.

Kontaktní adresa:

Doc. RNDr. Ladislav Buzek, CSc., Ostravská univerzita, Přírodovědecká fakulta, Brábova 7, 701 03 Ostrava 1, Česká republika

CENA A NÁKLADY NA VÝROBU DREVA AKO ZDRUŽENÉHO PRODUKTU

PRICE AND COST OF WOOD PRODUCTION AS A COMBINED PRODUCT

V. Cukerová, J. Šálka

Lesnícký výskumný ústav, T. G. Masaryka 22, 960 92 Zvolen

ABSTRACT: Cost feature of pricing was underestimated in the period of transition to a market mechanism, which was caused by emphasizing of the demand feature of the wood market. There are presented the results of the analyses of relationships between cost and wood prices according to wood assortments differentially for silvicultural and felling activity. The results of analyses take into account also inflation rate. Application of new methods, mainly selection of standard assortment, makes it possible to spread average production costs of composite product over individual assortments.

cost; price; inflation rate; standard assortment; composite product

ABSTRAKT: Nákladová stránka tvorby cien bola v čase prechodu na trhový mechanizmus zanedbaná, čo bolo spôsobené zdôrazňovaním dopytovej stránky trhu s drevom. Predkladajú sa výsledky analýz vzťahu medzi nákladmi a cenou dreva podľa sortimentov dreva diferencovane pre pestovnú a ťažbovú činnosť. Výsledky analýz berú do úvahy tiež mieru inflácie. Uplatnenie nových metód – najmä výberu štandardného sortimentu – umožňuje rozvrhnúť priemerné náklady združeného produktu na jednotlivé sortimenty.

náklady; cena; miera inflácie; štandardný sortiment; združený produkt

ÚVOD

Strategickým cieľom vlády je položiť základy na dosiahnutie porovnateľnej úrovne výkonnosti ekonomiky a životnej úrovne obyvateľstva s vyspelými krajinami Európy na prelome tisícročí – najneskôr do roku 2010. Prioritným sa stáva urýchľovanie transformačného procesu efektívnejším využitím domácich zdrojov, a to najmä ľudského potenciálu, ako aj produkčného potenciálu a geografických daností pre teritoriálne vyvážený rozvoj. Štátna lesnícka politika sa podriadi potrebám dlhodobých strategických cieľov rozvoja lesníctva na Slovensku, ktorými sú zachovanie, ochrana a zveľaďovanie lesov. Za rovnako dôležité sa podľa Programového vyhlásenia vlády (november, 1998) pokladá využívanie produkčnej funkcie lesov predovšetkým domácimi spracovateľmi dreva s cieľom stabilizovať dôchodkovú situáciu obhospodarovateľov lesa. Stabilizovanie dôchodkovej situácie lesníctva na Slovensku možno považovať za zvlášť naliehavé najmä v súčasnej situácii, keď hospodársky výsledok lesných štátnych organizácií v pôsobnosti Ministerstva pôdohospodárstva SR (stav v roku 1997) predstavoval stratu 422 mil. Sk a pri zohľadnení dotácií 162 mil. Sk. Tento stav bol spôso-

bený jednak neúnosným objemom pohľadávok po lehote splatnosti (954 mil. Sk), ako aj relatívne nízkou úrovňou cien dreva, neodrážajúcou ceny vstupov.

PROBLEMATIKA

Stanovenie cien orientované na náklady je jedným z prístupov, ktoré teória a prax v moderných trhových ekonomikách pozná. Je založené na poznaní, že nie každý jednotlivý výrobok vytvorí zisk. Ako ďalšie prístupy možno uviesť stanovenie cien orientované na konkurenciu (ponuku) a odberateľa (dopyt). V našom prípade sa za základ stanovenia cien považujú náklady na výrobu produkcie.

Drevo ako hlavný produkt lesa možno charakterizovať ako obnoviteľný, ale z pohľadu limitovaných objemov ťažby a celkových predpisov LHP ako obmedzený výrobný zdroj, ktorý obyčajne vyžaduje nákladnú prepravu z miesta ťažby k odberateľovi. Preto Oijala (1991) zostavil nákladový model, ktorý vychádza z rozličných faktorov, ovplyvňujúcich náklady na dopravu.

Častým triediacim znakom nákladov z hľadiska ich relevantnosti k cenám dreva je technika a stupeň me-

chanizácie. Uvažuje sa s tým, že technológia, stupeň mechanizácie a stupeň využitia disponibilných kapacít je rôzny. Kato, Junemann (1979) hodnotia výšku vynaložených nákladov podľa nákladov na ťažbu. Vzájomne konfrontujú údaje medzi strednou hrúbkou a výsledkami predaja podľa sortimentov na 42 porastoch smreka obyčajného (*Picea abies*). Ťažba, náklady na ťažbu a straty pri ťažbe dreva sú kritériom kalkulácií aj Schopfer a et al. (1996). Stupeň mechanizácie spolu s rozsahom obnovy (plocha pôdy pre zalesnenie) je kritériom nákladového modelu ťažby a pestovných prác ďalších autorov (Imponen, Kaila, 1988).

Okrem charakteristík obnovy, výchovy, prebierok, nákladov na ťažbu dreva a tržieb podľa sortimentov (Erni, Lenn, 1995) environmentálne podmienky môžu významným spôsobom ovplyvniť náklady. Prírode blízke obhospodarovanie lesa je významným faktorom zvyšovania nákladov u Sagla (1993).

Hellmayr (1997) ako rozlišovací prostriedok úrovne nákladov používa charakteristiky fariem, t.j. ich štruktúru podľa výnosu, použitia pôdy, cien, počtu dobytčích jednotiek (DJ), počtu odpracovaných dní a nákladov na živobytie. Veľkosť podniku je kritériom rozlišovania nákladov aj u Sekota (1993), nakoľko flexibilita organizácie je významným faktorom pohybu nákladov. Vychádza z toho, že menšie firmy sú prispôbovivejšie meniacim sa podmienkam na trhu.

Základom korelačných analýz by mali byť dlhodobé zmeny, nakoľko dlhodobý vývoj nákladov lepšie odráža prírodné a spoločenské zmeny. Haberle (1996) zistil, že po redukovani administratívy v lesníctve sa zvýšili mzdové náklady v dôsledku zvýšenia priemernej mzdy, pričom rast cien dreva umožnil eliminovať rast mzdových nákladov.

Určité sortimenty dreva sa predávajú za cenu nepriemeraný vývoj dopytu alebo vývoju cien finálnych výrobkov z dreva. Preto Wegener (1995) odporúča zníženie nákladov na výrobu, zvýšenie inovácií a zlepšenie marketingu.

Moog (1990) odporúča pri riešení problémov datočných úžitkov využiť marginálnu analýzu. Podnikateľské subjekty odhadujú hraničnú efektívnosť kapitálu, čo je vlastne očakávaná výška diskontnej sadzby. Takýto prístup má veľký význam predovšetkým v lesnom hospodárstve, keď návratnosť nákladov sa môže považovať za časovo „odloženú“ a faktor času má potom väčší význam ako v ktoromkoľvek inom odvetví.

Jöbstl, Zier (1995) poukázali na význam marketingu pri dosahovaní flexibility rozhodnutí ako jedného z faktorov znižovania nákladov, v čom sa zhodujú so Sekotom (1993). S rastúcou veľkosťou majetku sa znižuje rozsah sortimentov, čo znamená špecializáciu nie v zmysle obmedzenia druhej skladby drevín, ale v zmysle výroby sortimentov podľa požiadaviek zákazníka. Napríklad smrek obyčajný (*Picea abies*) a jedľa biela (*Abies alba*) sa na trhu ponúka ako špeciálny sortiment. Základným prvkom marketingovej stratégie je rozvoj diferenciácie produktov, s ktorými veľmi úzko súvisí aj rozvoj diferenciácie nákladov.

Uvedené prístupy sú značne rozdielne, pričom sa orientujú na faktory výroby viac ako na štruktúru výroby.

V poľnohospodárstve sa z kalkulačných metód používa (Ševčíková et al., 1998) metóda kalkulácie *odčítaním*, ktorá spočíva v tom, že zo združených výkonov podniku, ktorých náklady sa sledujú súhrne, sa jeden druh výkonu označí za hlavný výrobok a ostatné za výrobky (výkony) vedľajšie. Kalkuluje sa len hlavný výkon. Vedľajšie výrobky sa nekalkulujú, ale sa oceňujú stanovenými cenami. Pri kalkulácii sa postupuje tak, že od celkových nákladov na združený výkon sa najprv odčíta celková cena vedľajších výkonov a zvyšok predstavuje náklady na hlavný výkon. Vlastné náklady stanovené kalkulačnou jednotkou sa potom vypočítajú delením nákladov na hlavný výkon celkovým počtom kalkulačných jednotiek (množstvo hlavných výrobkov). Ďalšia metóda uplatňovaná v poľnohospodárstve SR je metóda *rozčítania*, ktorá spočíva v tom, že združené výkony podniku sa nerozdeľujú na hlavné a vedľajšie, ale sa považujú za rovnocenné a u všetkých výkonov sa zisťujú vlastné náklady. Združené vlastné náklady sa rozvrhujú na príslušné druhy výkonov podniku pomocou rozčítacích základní, ktoré vyjadrujú vzájomný vzťah rôznych naturálnych a peňažných ukazovateľov združených výrobkov, kde sa zároveň predpokladá, že tento vzájomný vzťah najlepšie vyjadruje aj vzťah vlastných nákladov týchto výrobkov. Nedostatkem tejto metódy je, že vlastné náklady vypočítané pomocou rôznych rozčítacích základní sú viac-menej približné. Aj napriek tomu je táto metóda v podstate ekonomicky správnejšia ako metóda odčítaním, lebo berie zreteľ na výšku vlastných nákladov vynaložených na združenú výrobu.

Z hľadiska nákladov je možné rozlišovať medzi drevom na priemyselné účely a medzi palivovým drevom. Ceny palivového dreva obyčajne variujú okolo cien energie, t.j. výhodnosť jeho použitia je alternovaná senzitivnosťou cien vstupov. Naopak dopyt po priemyslovom dreve (najmä tenších sortimentov) je podmienený o.i. možnou substitúciou medzi produktami drevo – umelá hmota. Ďalším prvkom metodického prístupu by potom mohlo byť uvažovanie odlišnej cenovej úrovne pre skupiny výrobkov dreva, ako napríklad guľatina (sortimenty I., II. a III. AB kvalitatívnej triedy) a menej hodnotné sortimenty (stlpovina, žrdovina) a vzhľadom na odlišnosť charakteristík v použití vlákňinové drevo ako aj palivové drevo. Všetky tieto produkty, resp. skupiny produktov možno považovať za hlavný produkt výroby, resp. za produkt prvovýroby, nakoľko hlavným vyrobeným produktom je drevo určitého kvalitatívneho a drevinového zloženia.

METODIKA

Určovanie cenovej úrovne úzko súvisí so stanovením nákladovej a cenovej štruktúry vyrábanej (predávanej) produkcie. V obidvoch prípadoch ide o skúmanie účinku rôznych postupov na náklady a výnosy ako aj na ďalšie ukazovatele.

V prvom prípade sa vychádza z predpokladu, že výrobok (sortiment dreva) je už dokončený a môže sa predávať. Nenachádzame sa pred problémom, akú kvalitu výrobku zabezpečiť, ale máme stanoviť cenu na danú úroveň kvality tak, aby čo najvernejšie odzrkadľovala náklady na ňu vynaložené.

O úrovni ceny rozhodujú nielen obmedzené výrobné možnosti (nemožno vymanipulovať len sortimenty najlepšej kvality), ale aj momentálna situácia na trhu (o tzv. rezonančné drevo má záujem len obmedzený počet kupujúcich). Ide teda o zachytávanie úseku trhu s nepružným dopytom. Popri takýchto jedinečných úsekoch trhu však musí existovať aj cenová úroveň pre také úseky trhu, kde vysoká úroveň ceny vyplýva zo snahy využitia základného dopytu.

V praxi protipólom vysokej cenovej úrovne produkcie u jednotlivých menovaných sortimentov je politika nízkych cien. Takáto politika prichádza do úvahy vtedy, ak sa domnievame, že prostredníctvom nej bude výhodnejšie získať široký trh. Predpokladá najmä pružný dopyt. Vychádza z filozofie, že ak bude mať podnikateľský subjekt zabezpečený odbyť, bude môcť vyrábať aj veľké série výrobkov, čím dôjde pri ich výrobe k podstatným úsporám nákladov. I keď zásady trvale udržateľného obhospodarovania lesa nedovoľujú, a to ani v čase konjunktúry, ťažiť drevo neobmedzene, úplné obchádzanie pôsobenia zákona dopytu a ponuky nie je reálne uskutočniteľné. Z uvedeného vyplýva potreba vyrovnať sa s dvojakou úlohou:

1. so zistením relevantnosti nákladov voči cenám dreva,
2. so stanovením cenového štandardu sortimentov (bázy) na porovnanie pomerového postavenia existujúcej cenovej úrovne.

Ad 1. Metodický postup hodnotenia relevantnosti nákladov voči cenám dreva vychádza z korelačnej analýzy, pričom sa analyzujú tak priemerné ceny, ako aj ceny jednotlivých sortimentov dreva s nákladmi na pestovnú a ťažbovú činnosť, ako aj s priemernými nákladmi.

S cieľom špecifikovať vplyv inflácie na náklady a cenu produkcie sa miera závislosti cien od nákladov kvan-

tifikuje prvýkrát bez zohľadnenia miery inflácie, druhýkrát po jej zohľadnení. Vzájomné porovnanie výsledkov umožní špecifikovať vplyv inflácie na charakter tvorby podľa sortimentov dreva.

Ad 2. Pri hľadaní pomerového postavenia vychádzame zo skupiny sortimentov, pričom postupujeme tak, že jeden sortiment (skupina sortimentov) sa považuje za hlavný, ktorý plní úlohu určitého cenového alebo nákladového štandardu. Cenová štruktúra sortimentov lepšej kvality a sortimentov horšej kvality, ako je štandardný, sa potom dotvára okolo tejto štandardnej položky. Náklady na výrobu jednotlivých sortimentov dreva sa potom vypočítavajú na základe podielov cien jednotlivých sortimentov dreva od priemernej ceny, ktoré sa násobia výškou priemerných nákladov na výrobu m³ dreva v danom roku.

Takáto úprava nákladov umožňuje zohľadnenie ceny výrobkov tranzitujúcej okolo nákladov a zohľadňujúcej pritom konkrétnu situáciu v dopyte a podmienok, za akých náklady vo sfére výroby a obehu vznikajú. V tomto prípade dochádza k prispôbieniu cenovej úrovne v danom časovom toku.

S návrhom cenových zmien úzko súvisí potreba hlbšieho rozboru. Ale môžu sa vyskytnúť aj také cenové úpravy, ktoré sa robia takmer automaticky. Vo väčšine prípadov odrážajú sezónne, cyklické alebo dlhodobé pohyby dopytu a nákladov.

Analýza sa uskutočnila na vrcholovej, t.j. odvetvovej úrovni za roky 1990–1997. Predmetom niektorých čiastkových analýz je štátny sektor lesného hospodárstva SR v pôsobnosti MP SR za roky 1995–1997.

Podkladom analýz boli údaje sledované výkazom Les F (MP SR) 1–01 Náklady a výnosy v štátnych organizáciách lesného hospodárstva a výkazom Les D (MP SR) 2–04 Dodávky dreva v lesníctve.

VÝSLEDKY

Náklady na lesnú výrobu dosiahli v odvetví lesného hospodárstva SR v roku 1997 úroveň 9 141 mil. Sk.

I. Štruktúra nákladov na výrobnú činnosť v percentách – Structure of forest production costs in per cent

	1995		1996		1997	
	% z PN ⁸	% z ÚVN ¹⁰	% z PN ⁸	% z ÚVN ¹⁰	% z PN ⁸	% z ÚVN ¹⁰
Materiál, náklady, odpisy a služby ¹	32	21	33	22	26	19
Mzdové náklady ²	19	12	16	11	16	11
Ostatné osobné náklady ³	–	–	–	–	6	6
Dane, poplatky a poisťné ⁴	8	5	8	5	–	–
Finančné náklady ⁵	–	–	–	–	–	–
Ostatné priame náklady ⁶	41	27	43	29	19	13
Vnútro podnikové náklady ⁷	–	–	–	–	33	23
Priame náklady ⁸	100	65	100	67	100	70
Réžia ⁹		35		33		30
Úplné vlastné náklady ¹⁰		100		100		100

¹material costs including depreciation and services, ²labour costs, ³other personal costs, ⁴taxes, charges and insurance, ⁵financial costs, ⁶other direct costs, ⁷inter-plant costs, ⁸direct costs, ⁹overhead costs, ¹⁰total costs

Oproti predchádzajúcemu roku (8 079 mil. Sk) vzrástli indexom 1,13 a v porovnaní s rokom 1995 (7 419 mil. Sk) indexom 1,23. V štátnom sektore vzrástli náklady na výrobu dreva v poslednom roku oproti roku 1995 indexom 1,29, zatiaľ čo cena dreva za rovnaké obdobie klesla indexom 1,29. V dlhšom časovom období, t.j. oproti roku 1990, vzrástli náklady na výrobu indexom 1,41, pričom predstavovali 5 672 mil. Sk, a cena dreva vzrástla indexom 2,25 na 1 144 Sk.m⁻³.

Ak odhliadneme od *rézie* (30 % nákladov) a od *vnútropodnikových nákladov*, ktoré zahŕňujú dodávky osiva, sadiva, ako aj neúčtovný prevod hospodárskeho výsledku (predstavujúce 23 % úplných vlastných nákladov), najväčší podiel dlhodobo predstavujú *materiálové náklady vrátane odpisov*, a to 19 % v roku 1997, 22 % v roku 1996 a 21 % v roku 1995 (tab. I). Podiel materiálových nákladov v celkovej štruktúre nákladov mal teda klesajúcu tendenciu. Z metodického hľadiska materiálové náklady vrátane odpisov a služieb zahŕňujú: spotrebu materiálu, spotrebu energie, spotrebu ostatných neskladových dodávok, predaný tovar, opravy a údržby, cestovné, náklady na reprezentáciu a ostatné služby a odpisy nehmotného a hmotného investičného majetku.

Ďalšou najväčšou položkou úplných vlastných nákladov (13 %) sú *ostatné priame náklady*, ktoré zaznamenali najväčší pokles zo všetkých nákladov štátnych organizácií lesníctva (index 97/96 = 0,44).

Ku klesajúcim položkám úplných vlastných nákladov patrí aj podiel mzdových nákladov v lesnom hospodárstve SR, ktoré klesali v roku 1996 oproti roku 1995 z 2 679 mil. Sk na 2 317 mil. Sk (index 96/95 = 0,86). V štátnych lesoch predstavuje podiel mzdových nákladov na úplných vlastných nákladoch 11 %. Mzdové náklady okrem vlastných mzdových nákladov zahŕňujú príjmy spoločníkov a členov družstva zo závislej činnosti a odmeny členom orgánov spoločností a družstva. K nákladom na prácu patria tiež ostatné osobné náklady, ktoré predstavujú 4 % a zahŕňujú zákonné a sociálne poistenie.

Relevantnosť cien vstupov k cenám dreva

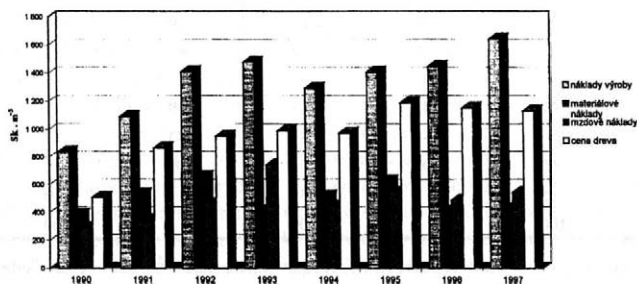
Ukázalo sa, že rast materiálových nákladov vrátane odpisov dlhodobe predstihoval rast mzdových nákladov

(obr. 1), čo mohlo byť spôsobené zastaralosťou strojového parku alebo celkovou inflačnou tendenciou. Pohyb ceny dreva však nezodpovedal tomuto rastu materiálových nákladov, čo potvrdili výsledky regresnej analýzy, ktoré v štátnych organizáciách lesného hospodárstva ukázali na omnoho vyššiu závislosť priemernej ceny dreva od mzdových nákladov ($r_{xy} = 0,63$) ako od materiálových nákladov ($r_{xy} = 0,28$). Je len prirodzené, že hospodárenie každého subjektu má byť také, aby cena najmenej pokrývala náklady. Zistený vzťah vypovedá o súbežnej stagnácii ceny dreva i ceny pracovnej sily v lesníctve.

Aj keď ekonomické hodnotenie každého vyrobeného produktu býva výsledkom kombinácie nákladov a ceny, je zrejmé, že aj rovnaké tržby môžu viazať rozdielne náklady. Zvýšené zaťaženie organizácií lesného hospodárstva priamymi nákladmi tak v pestovnej činnosti (1997/1995 = 1,08), ako aj v ťažbovej (1997/1995 = 1,22) a inej lesnej činnosti (1997/1995 = 1,83) bolo spôsobené ich snahou zabezpečiť všetky úlohy aj v pestovnej činnosti a úlohách ekologického charakteru. Ukázala to vyššia závislosť priemernej ceny dreva od výšky nákladov na pestovnú činnosť ($r_{xy} = 0,93$) ako od výšky nákladov na ťažbovú činnosť ($r_{xy} = 0,39$). V praxi by to znamenalo prijatie rozhodnutí o znížení nákladov na ťažbovú činnosť alebo zvýšení ceny sortimentov, najmä ak sa sleduje cieľ zlepšenia hospodárskeho výsledku pri súbežnom zabezpečení úloh ekologického charakteru.

Vychádzajme z predpokladu, že náklady na ťažbovú činnosť v prepočte na m³ sa medziročne zvyšovali od 3 do 11 % a že faktor tržieb je výslednicou pôsobenia ceny a množstva. Náš výpočet potvrdil len slabú závislosť tržieb od ceny ($r_{xy} = 0,47$), z čoho by sa mohol vytvoriť záver o tom, že tržby sa dosahujú vo zvýšenej miere vyššími ťažbami, a teda aj vyššími dodávkami ako zvyšovaním ceny. Tento stav (absencia preukaznej kauzality) nepotvrdzuje tézu o dlhodobej udržateľnosti lesných zdrojov, ale vo väčšej alebo menšej miere by mohol viesť vlastníkov lesa v konečnom dôsledku k „drancovaniu“ lesa a jeho súčastí. Ak vezmeme do úvahy, že v slovenskom lesníctve rastový prírastok dlhodobe prevyšuje rast ťažieb, možno túto koreláciu považovať za klamnú.

Aj napriek tomu, že ťažbové náklady patria k objemovo väčšej zložke nákladov ako pestovné náklady,



1. Vývoj jednotkových nákladov a cien dreva v štátnych organizáciách lesného hospodárstva SR – Development of unit costs and wood prices in the state forest organizations of SR

vývoj cien dreva možno označiť za relevantnejší k nákladom na pestovnú činnosť ($r_{x,y} = 0,96$) ako k nákladom na ťažbu dreva ($r_{x,y} = 0,10$). Aj keď zisťovanie závislosti medzi cenami sortimentov dreva a nákladovosťou lesnej výroby patrí k zriedkavejšie používaným metódam, nastupujúca požiadavka zisťovania ekonomiky výroby sortimentov si vyžiadala odskúšať ďalšie metódy vrátane matematicko-štatistického zisťovania. Podľa sortimentov je situácia nasledovná:

Závislosť cien sortimentov dreva od nákladov na pestovnú a ťažbovú činnosť v rokoch 1993–1997 (štátne organizácie LH SR):

Sortiment	Celkom	Priame náklady na pestovnú činnosť	Priame náklady na ťažbovú činnosť
<i>Ihličnaté drevo</i>			
I. trieda akosti	0,760	0,921	0,571
II. trieda akosti	0,404	0,749	0,198
III. A,B trieda akosti	0,466	0,957	0,191
Stĺpy a stĺpové výrezy	0,809	0,928	0,629
Banské drevo	0,299	0,928	0,123
Žrde	0,971	0,581	-0,971
Vlákninové drevo	0,581	0,942	0,341
Lesné štiepky	-0,387	-0,720	-0,190
Palivové drevo	0,333	0,984	0,047
Úhrnom	0,548	0,980	0,284
<i>Listnaté drevo</i>			
I. trieda akosti	0,359	-0,151	0,506
II. trieda akosti	0,379	0,881	0,114
III. A,B trieda akosti	0,855	0,962	0,672
Banské drevo	0,420	0,590	-0,187
Žrde	0,877	-0,904	0,723
Vlákninové a netriedené drevo	0,416	0,855	0,158
Štiepky	-0,144	0,111	-0,224
Palivové drevo	0,382	0,776	0,320
Úhrnom	-0,506	0,760	0,320

Ako ukazuje uvedený prehľad podľa sortimentov, najpreukaznejšie výsledky závislosti sa zistili pre sortimenty III. A,B triedy (0,855), pre žrde (0,877) listnaté a pre stĺpové ihličnaté výrezy (0,809). Relevantné k cene dreva sú náklady v pestovnej činnosti pre všetky ihličnaté sortimenty a pre väčšinu listnatých sortimentov (výnimkou sú sortimenty I. triedy akosti, štiepky a žrde). Omnoho menej relevantné sú náklady v ťažbovej činnosti. Tu sa potvrdila závislosť len v III. triede akosti listnatých sortimentov a u ihličnatých sortimentov len v I. triede akosti a u stĺpových výrezov. To znamená, že zoberniti možno závery predovšetkým o relevantnosti ceny k nákladom pre sortimenty III. A,B triedy akosti, v menšej miere pre I. a II. triedu akosti výrezov. Vlákinnové drevo, a to aj napriek jeho najvyššiemu objemu v štruktúre dodávaných sortimentov, pre-

ukazuje nižšiu závislosť cien dreva od nákladov, a to iba v pestovnej činnosti. To čiastočne znižuje predpoklad o vhodnosti použitia vlákninového dreva ako základného sortimentu pre štandardizáciu. V ďalších overovacích krokoch pre tento sortiment by však vzhľadom na jeho odlišnosť v priemyselnom použití mohol byť zahrnutý.

Vybrané výsledky korelačnej analýzy vzťahov medzi priamymi nákladmi na ťažbovú a pestovnú činnosť a cenami sortimentov zobrazujú obr. 2 a 3.

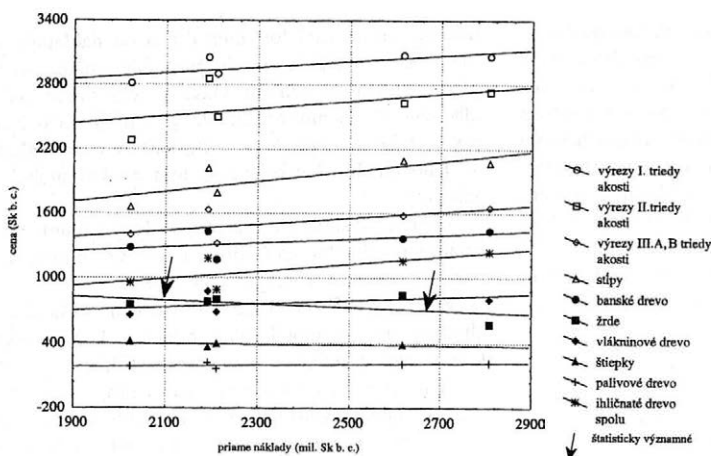
Výsledky analýzy ukázali, že finančné výsledky obchodnej činnosti sú podriadené ekonomickým podmienkam vývoja spoločnosti, a to najmä v prípadoch, keď sa zvýšenie nákladov na výrobu dreva prejaví vo vyššej cene sortimentu. Rast nákladov na výrobu dreva sa všeobecne zdôvodňuje rastom inflácie. Podľa Štatistického úradu Slovenskej republiky a podľa Zelenéj správy MP SR bol vývoj inflácie, nákladov a cien za rok 1990 až 1997 nasledovný:

Roky	Inflácia (%)	Náklady (Sk.m ⁻³)	Cena (Sk.m ⁻³)
1990	10,6	837	508
1991	61,2	1 090	865
1992	10,0	1 410	951
1993	23,2	1 478	988
1994	13,4	1 292	973
1995	9,9	1 407	1 190
1996	5,8	1 448	1 151
1997	6,1	1 642	1 144

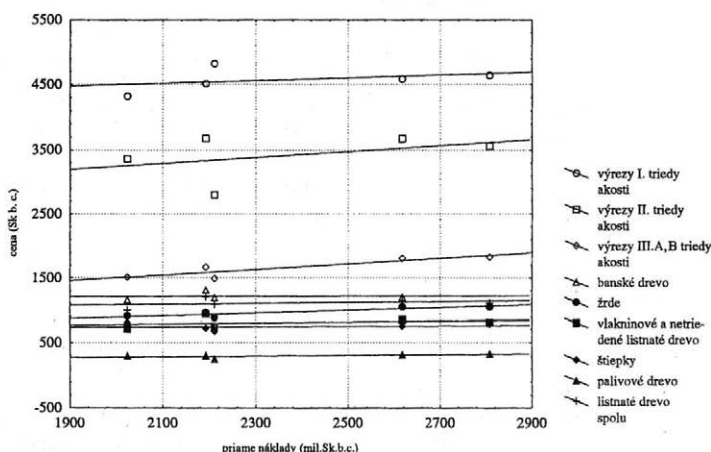
Podľa uvedeného prehľadu sa inflácia znížila, no aj napriek tomu v porovnaní s hospodársky vyspelými krajinami je vysoká. Ako uvádza Bernot (1998), miera inflácie vo vybraných európskych krajinách sa pohybuje od 1,2 % (Fínsko) do 5,7 (Veľká Británia). Ako ďalej ukazuje prehľad, náklady na výrobu a cena sa však v štátnych organizáciách lesného hospodárstva zvyšovali a tento rast nie je priamočiary, dokonca je protichodný vývoju inflácie.

V ďalšej analýze sa skúmaná závislosť očistila od vplyvu uvedenej inflácie a výsledky korelačnej analýzy pred a po zohľadnení vplyvu inflácie diferencované pre pestovnú a ťažbovú činnosť sa uvádzajú v tab. II.

Závislosť ceny od priamych nákladov na pestovnú činnosť očistená o infláciu je nižšia ako závislosť, kde sa vplyv inflácie nezohľadňuje. Rozdiely sú preukazné najmä u cennejších sortimentov. Zaujímavé je, že rozdiel v upravených výsledkoch zistených závislostí klesá u jednotlivých sortimentov ihličnatých drevín s poklesom ich kvality. To znamená, že vplyv inflácie je priamo úmerný kvalite sortimentov. Čím vyššia je kvalita dreva, tým väčšmi sa odzrkadľuje na vývoji cien a nákladov. Na infláciu citlivejšie reagujú náklady na výrobu ihličnatých sortimentov, t.j. v nákladoch na doposťovanie listnatých sortimentov sa inflácia nepremiata v takej miere ako u ihličnatých sortimentov.



2. Závislosť cien ihličnatých sortimentov od priamych nákladov – Relations between softwood assortment prices and direct costs



3. Závislosť cien listnatých sortimentov od priamych nákladov – Relations between hardwood assortment prices and direct costs

V ťažbovej činnosti sú rozdiely pred a po zohľadnení inflácie nižšie ako v pestovnej činnosti, čo znamená, že vývoj inflácie sa väčšmi premieta do vývoja nákladov v ťažbovej ako v pestovnej činnosti. Vyššie rozdiely sú v II. triede akosti listnatého dreva a v palivovom ihličnatom a listnatom dreve. To znamená, že vzhľadom na vyššiu inflačnú citlivosť ekonomiky výroby sortimentov II. kvalitatívnej triedy listnatého dreva a palivového dreva by sa súvzťažne mala cena týchto sortimentov zvýšiť. Tento záver do určitej miery podporujú aj výsledky komparácie cien palivového dreva v SR a iných krajinách, najmä Rakúska a Nemecka (Cukerová, 1997), kde sa ukázalo až 80% zaostávanie cien palivového dreva Slovenskej republiky za cenami dreva ostatných krajín.

Odstupňovanie nákladov

Odstupňovanie cien a nákladov je podmienené kvalitou vyrábaných a predávaných sortimentov dreva, t.j. štruktúrou výroby a dodávok dreva.

Zatiaľ čo u ihličnatých sortimentov dominujú v štruktúre predaja od posledného roku sledovaného obdobia sortimenty lepšej kvality, t.j. guľatinové a stĺpové výrezy (54 %), u listnatých sortimentov prevažujú sortimenty horšej kvality, za aké sa považujú vlákňinové a tenké drevo (72 %). Taktiež v štruktúre vývozu prevládajú sortimenty III. A,B triedy akosti ihličnatého dreva (43 %) a vlákňinové listnaté drevo (92 %), čo poukazuje len na menšie možnosti zhodnotenia dreva vývozom v porovnaní so situáciou, keby sa vo vývoze preferovali sortimenty vyšších kvalitatívnych tried.

Prvým krokom riešenia cenovej úrovne metódou odstupňovania nákladov je zvolenie cenového štandardu. K položkám s najväčším obrátom dlhodobého patria guľatinové sortimenty kvalitatívnej triedy III. A,B a vlákňinové drevo. Vzhľadom na nižšiu preukaznosť výsledkov korelačnej závislosti nákladov a cien vlákňinového dreva sa za štandardný sortiment považujú sortimenty kvalitatívnej triedy III. A,B. Táto skupina sortimentov slúži za základ pre stanovenie pomerov cenovej úrovne (koeficientov) ostatných sortimentov.

Sortiment ¹	Pestovná činnosť ²			Ťažbová činnosť ³		
	pred zohľadnením inflácie ⁴	po zohľadnení inflácie ⁵	rozdiel ⁶	pred zohľadnením inflácie ⁴	po zohľadnení inflácie ⁵	rozdiel ⁶
a	1	2	3 = 1-2	4	5	6 = 4-5
Ihličnaté drevo ⁷						
I. trieda akosti ⁸	0,921	0,306	0,615	0,571	0,454	0,117
II. trieda akosti ⁹	0,749	0,621	0,128	0,198	0,374	-0,176
III. A,B trieda akosti ¹⁰	0,957	0,591	0,366	0,191	-0,021	0,212
Stĺpy a stĺpové výrezy ¹¹	0,928	0,711	0,217	0,629	0,579	0,050
Banské drevo ¹²	0,319	0,319	0	0,123	-0,103	0,226
Žrde ¹³	0,580	0,389	0,191	-0,971	0,275	-1,246
Vlákninové drevo ¹⁴	0,942	0,931	0,011	0,341	0,080	0,261
Lesné štiepky ¹⁵	-0,720	0,323	-1,043	-0,190	0,021	-0,211
Palivové drevo ¹⁶	0,904	0,552	0,352	0,047	-0,519	0,566
Úhrnom ¹⁷	0,980	0,828	0,152	0,284	-0,260	0,544
Listnaté drevo ¹⁸						
I. trieda akosti ⁸	-0,151	0,159	-0,310	0,506	0,597	-0,091
II. trieda akosti ⁹	0,881	0,294	0,587	0,114	-0,566	0,680
III. A,B trieda akosti ¹⁰	0,962	0,397	0,565	0,672	0,664	0,008
Banské drevo ¹²	0,590	0,495	0,095	-0,187	-0,030	-0,157
Žrde ¹³	-0,904	0,171	-1,075	0,723	0,591	0,132
Vlákninové a netriedené drevo ²⁰	0,855	0,831	0,024	0,158	-0,024	0,182
Štiepky ¹⁹	0,111	-0,367	0,478	-0,224	0	-0,224
Palivové drevo ¹⁶	0,776	0,084	0,692	0,320	-0,299	0,619
Úhrnom ¹⁷	0,760	0,570	0,190	0,320	0,382	-0,062

¹assortment, ²silvicultural operations, ³felling operations, ⁴before consideration of inflation, ⁵after consideration of inflation, ⁶difference, ⁷softwood, ⁸I quality class, ⁹II quality class, ¹⁰III A,B quality class, ¹¹posts and post logs, ¹²pit props, ¹³poles, ¹⁴pulpwood, ¹⁵chips, ¹⁶fuelwood, ¹⁷total, ¹⁸hardwood, ¹⁹chips, ²⁰pulpwood and non-assorted wood

Vypočítali sa koeficienty cenovej úrovne jednotlivých sortimentov v pomere k III. A,B akostnej triede ako jednoduchý podiel cien každého sortimentu k štandardnému sortimentu III. A,B. Vlastný rozvrh nákladov na združený výrobok sa uskutočnil vynásobením týchto koeficientov s výškou priemerných nákladov na výrobu dreva, dosiahnutou v danom roku (tab. II). Ako priemerný vlastný náklad sa uvažovali náklady 1 407 Sk pre rok 1995, 1 448 Sk pre rok 1996 a 1 642 Sk pre rok 1997.

V ďalšom riešení problematiky sa za základ výpočtu koeficientov nepovažovala cena štandardného sortimentu, ale priemerná cena dreva, t.j. cena všetkých sortimentov. Veľké diferencie cien zistené medzi sortimentami v druhom prípade ukázali na nevhodnosť uplatnenia tohto prístupu.

Za optimálnejšie riešenie sa považuje rozvrh nákladov na združený výrobok podľa podielov cien dreva na základe štandardnej triedy, nakoľko pri fázeovej výrobe rozdielných sortimentov dreva (združeného výrobku) nemôžu byť extrémne rozdiely v nákladoch, aj keď ich úžitková hodnota, a teda i hodnota vo sfére výmeny, je značne rozdielna. Spracovanie a odvoz tenších sortimentov môže byť (a dokonca býva) náročnejšie na čas a prácu ako spracovanie hrubších sortimentov. Výrobca

však nemôže byť limitovaný nízkym normatívom nákladov na zofatie a spracovanie tenších sortimentov len preto, že tieto sa predávajú za nižšiu cenu ako napríklad guľatinové sortimenty. V uvedenom slova zmysle má analýza orientačný význam pri sledovaní ekonomiky výroby jednotlivých sortimentov a má zdôvodňovací význam pri hľadaní ďalších zdrojov, ktoré by zmiernili napätosť tohto vzťahu.

DISKUSIA

Metódy uplatnené v poľnohospodárstve (Ševčíková et al., 1998) nemožno mechanicky uplatniť v lesnom hospodárstve vzhľadom na dlhodobý výrobný cyklus výroby v lesníctve oproti ročnému až dvojročnému cyklu v poľnohospodárstve. V lesníctve je ťažšie identifikovať hlavný a vedľajší produkt a aj v samotnom poľnohospodárstve si priznávajú rizikovosť správneho ocenenia vedľajších produktov. Na druhej strane aplikáciu metód používaných v poľnohospodárstve možno považovať za krok vpred pri spresňovaní informačnej databázy a zosúlaďovaní súhrnného lesníckeho účtu s účtom EUROSTAT.

Treba tiež uvažovať s tým, že rozdiely v nákladoch na jednotku produkcie môžu byť spôsobené aj neúpl-

Sortiment ¹	Podiely k III. A,B triede akosti ²			Rozvrh nákladov ³		
	1995	1996	1997	1995	1996	1997
a	1	2	3	4	5	6
Ihličnaté drevo ⁴						
Výrezy I. triedy ⁵	1,87	1,94	1,93	2 637	2 803	3 175
Výrezy II. triedy ⁶	1,56	1,65	1,70	2 196	2 382	2 793
Výrezy III. A,B triedy ⁷	1,00	1,00	1,00	1 407	1 448	1 642
Stĺpy a stĺpové výrezy ⁸	1,24	1,32	1,30	1 751	1 913	2 133
Banské drevo ⁹	0,81	0,83	0,82	1 142	1 201	1 353
Žrde ¹⁰	0,44	0,40	0,37	619	567	610
Vlákninové drevo ¹¹	0,50	0,52	0,50	707	758	822
Lesné štiepky ¹²	0,25	–	0,24	346	–	396
Palivové drevo ¹³	0,14	0,13	0,14	194	193	223
Spolu ¹⁴	0,72	0,73	0,74	1 014	1 061	1 219
Listnaté drevo ¹⁵						
Výrezy I. triedy ⁵	2,69	2,56	2,39	3 784	3 709	3 923
Výrezy II. triedy ⁶	2,23	2,10	2,06	3 137	3 036	3 389
Výrezy III. A,B triedy ⁷	1,00	1,00	1,00	1 407	1 448	1 642
Banské drevo ⁹	0,78	0,65	–	1 091	944	–
Žrde ¹⁰	0,59	0,57	0,58	828	828	948
Vlákninové a netriedené drevo ¹⁶	0,53	0,45	0,42	744	648	695
Lesné štiepky ¹²	0,43	0,41	0,43	601	596	707
Palivové drevo ¹³	0,18	0,17	0,17	253	252	284
Spolu ¹⁴	0,71	0,63	0,60	996	916	977

¹assortment, ²shares of cost to III A,B quality class assortment, ³cost allocation, ⁴softwood, ⁵I quality class, ⁶II quality class, ⁷III A,B quality class, ⁸posts and post logs, ⁹pit props, ¹⁰poles, ¹¹pulpwood, ¹²chips, ¹³fuelwood, ¹⁴total, ¹⁵hardwood, ¹⁶pulpwood and non-assorted wood

ným využitím mechanizačných prostriedkov a že vždy bude existovať rôzny stupeň ich využitia; tento stupeň využitia bude závisieť aj od rozdielnych prírodných podmienok – teda tu bude pôsobiť aj diferenciálna renta. V tomto zmysle sú užitočným prínosom závery týchto prác: Kato, Junemann (1979), Schopfer et al. (1996) a Imponen, Kaila (1988).

Na rozdiel od uvedeného treba predpokladať istý stupeň formovania rovnako vysokých nákladov pri tom istom sortimente dreva. Stanovenie cenového štandardu možno považovať za návrh, ktorého možnosť uplatnenia znásobuje ešte to, že sortiment III. A,B triedy je vo vnútri kvalitatívne diferencovaný. V skutočnej cenotvorbe sa najnižšie kvalitatívne sortimenty III A,B kryjú s cenami IV. (banské drevo) a V. triedy (vlákninové drevo).

Aj v zahraničí (Adam, 1995) sa používa pojem *standard costs* (normované náklady). Ide o plánované výrobné náklady, starostlivo rozpočítané, ktoré ukazujú, koľko by tovar stál, keby sa splnil plán a keby bol odhad správny. Neskôr tieto náklady slúžia ako forma manažérskej kontroly k porovnaniu normovaných nákladov so skutočnými nákladmi, k analýze odchýliek a k vyvodu záverov.

V uvedenom zmysle prispieva rozvrh nákladov na združený výrobok k prehľadneniu situácie v nákladoch

na výrobu rôznych sortimentov a umožňuje zobecniť závery o nákladoch vo vzťahu ku kvalite sortimentov. V zásade však náklady na jednotlivé sortimenty nemožno dosť dobre zistiť, pretože sa jedná o združené výrobky. Vlastník lesa samotnú cenu výrobku ťažko ovplyvní, môže však:

- oddialiť ťažbu dreva, ak je jeho cena na trhu príliš nízka,
- zvýšiť výrobné náklady, ak má túto možnosť,
- zmeniť štruktúru sortimentov podľa situácie na trhu,
- nájsť iného odberateľa.

K tomu by mal vedieť, aké najvyššie náklady môže mať. To však môže viesť k oddialeniu prebierok, najmä ak nebudú dotované, a k obchádzaniu zásad pestovania lesa, nakoľko ťažby pôjdu „za sortimenty“ (Bartuněk, 1997).

Pre modelovanie problematiky sa použili agregované údaje excerptované z rezortných štatistických údajov a prierezové údaje poskytnuté Štatistickým úradom SR.

Za praktické riešenie problému a pravdepodobne aj za nevyhnutnosť v najbližšej budúcnosti možno považovať zdokonalenie evidencie sledovania nákladov. Ideálne by bolo napríklad zavedenie taríf v rámci úkolovej mzdy za zotatie určitého sortimentu dreva, ako je to napríklad vo Švajčiarsku. Ťažbári by boli takto motivo-

vaní k čo najlepšej manipulácii sortimentov a existoval by prehľad o variabilných nákladoch podľa konkrétnych sortimentov. Taktiež sledovanie výkonov by sa malo ďalej spodrobiť, zjednotiť a konkretizovať, nakoľko niektoré výkony v určitých podnikoch sú súčasťou réžie, v inej organizácii však tie isté výkony sú súčasťou spotreby materiálu, a teda patria do priamych materiálnych nákladov (spotreba sadeníc, osiva a pod.).

Aj keď uvedené postupy neanalyzujú priamo dopyt po dreve, ktorý v podmienkach trhovej ekonomiky súvisí aj s nákladmi a cenou, uvažujúc, že dopyt po dreve sa mení s úrovňou životných podmienok, ktoré maximalizujú disponibilné peňažné prostriedky spotrebiteľov a odberateľov, inflácia sa ukazuje ako užitočná pri indikovaní úrovne priemernej ceny dreva, a teda aj ceny jednotlivých sortimentov.

ZÁVER

Určenie výšky ako aj štruktúry nákladov a výkonov bolo prvým krokom postupu práce. Druhým krokom bolo vymedzenie relevantnosti nákladov jednak podľa výkonov, jednak podľa konkrétnych sortimentov.

Z uskutočnených analýz možno vyvodit niekoľko záverov:

Predovšetkým by cena dreva mala byť rovnaká alebo vyššia, než sú náklady na jednotku produkcie.

Po druhé – rast nákladov sa má hodnotiť a kontrolovať podľa miery inflácie. Každá cena každého sortimentu by mala zohľadňovať úroveň nákladov.

Po tretie – vyšší vplyv nákladov v pestovnej činnosti na priemernú cenu dreva ako v ťažbovej činnosti ukazuje na určitý stupeň závislosti lesného hospodárstva na dotáciách.

Modifikované analytické postupy kombinujú tradičné analytické postupy (korelačnú analýzu) s mierou inflácie. Analyzoval sa vzťah nákladov (v druhovom i účelovom členení) a cien sortimentov surového dreva. Zistenie vysokej miery závislosti priemernej ceny dreva, objemu ťažieb a tržieb od výšky nákladov na pestovnú činnosť poukazuje na skutočnosť, že štátne lesné podniky sú nútené zabezpečovať úlohy pestovnej činnosti z tržieb za drevo. Pri kvalitatívne nevhodnom ťažbovom fonde a jeho vzťahu k podmienkam na trhu s drevom môže dôjsť k situácii nedostatočného financovania pestovnej činnosti, čo poukazuje na nutnosť existencie aj doplnkového zdroja krytia nákladov pestovnej činnosti formou dotácií a iných zdrojov.

Rozpočtovanie nákladov metódou odstupňovania nákladov podľa štandardného sortimentu umožňuje spoznať bližšie ekonomiku výroby jednotlivých sortimentov. Metóda je rovnakým spôsobom použiteľná aj pre lesné dreviny, aj pre skupiny sortimentov. Zavedenie prvku štandardizácie umožňuje porovnať normované náklady so skutočnými nákladmi a prijať potrebné opatrenia v zmysle zefektívnenia výroby.

Každý hospodáriaci subjekt by mal mať utvorenú sústavu na overovanie bežnej cenovej úrovne. To znamená, že by mal mať i prostriedky, ktorými by sa ove-

rovala cenová úroveň výrobkov prostredníctvom nákladov ako aj prostredníctvom súťaže. Situácia je o to komplikovanejšia, že ani na vrcholovej úrovni nie je možné z dostupných výkazov určiť detailnejšiu štruktúru nákladov. Potreba exaktnej evidencie nákladov ustúpila v nedávnej minulosti pred snahou komparovať ceny dreva v tuzemsku s cenami v zahraničí ako spôsobom hodnotenia efektívnosti predaja dreva. Cena by však mala byť stanovená tak, aby minimálne pokrývala úroveň nákladov; opačná situácia vedie k existujúcej disparite. Svetovú cenu dreva, resp. cenu dreva vo vyspelých európskych krajinách možno považovať za maximálnu hranicu ceny. Objektívnu úroveň ceny dreva treba hľadať medzi uvedenými extrémnymi hladinami.

Z kvantifikácie vzťahov vyplynulo, že rozdielny cenový vývoj jednotlivých sortimentov ihličnatého dreva (pokles cien stlpov, stlpových výrezov, žrdí a vláknového dreva a mierny nárast cien ostatných sortimentov) sa v konečnom dôsledku kladne prejavil na úrovni tržieb o 8,6 mil. Sk. Tento efekt bol odčerpán poklesom cien jednotlivých sortimentov listnatého dreva, čím sa v roku 1997 celkové tržby za surové drevo znížili o 127,2 mil. Sk. Tento vývoj bol podporený rastom dopytu po ihličnatom dreve a depresiou na trhu listnatého dreva.

Z uvedeného vyplýva potreba komplexného výskumu trhu s drevom z hľadiska financovania i dopytu. Súčasná absencia informácií o spotrebe jednotlivých vstupov v dôsledku uplatňovania veľmi agregovaného spôsobu kalkulácie vlastných nákladov neumožňuje kvantifikovať a následne hodnotiť dopady cien vstupov na úroveň nákladov výroby surového dreva. Nevysvetlenou tiež zostala protichodnosť vývoja inflácie a úrovne nákladov.

Vysvetlili sa súvislosti, ktoré prináša svedomitý prístup ekologicky postupujúcej organizácie lesného hospodárstva, a to je zvyšovanie nákladov v pestovnej činnosti a tomu neprimeraný rast cien dreva.

Literatúra

- ADAM, J. H., 1995. Anglicko-český slovník s výkladem a výslovností. Voznice, Leda: 652.
- AMMAN, H., 1997. Maschinenkosten 1998. PAT – Berichte, Switzerland, Nr. 507: 36.
- BARTUNĚK, J., 1997. Možnosti zvýšení alokační efektivity lesní výroby. Lesnictví-Forestry, 43: 563–568.
- BERNOT, R., 1998. Der Euro-Fahrplan wird konkretisiert. Forstzeitung, 52: 22.
- CUKEROVÁ, V. et al., 1997. Lesnícka príručka pre nešťatný sektor. Zvolen, LVÚ, a Agentúra pre rozvoj vidieka, Nitara: 70.
- CUKEROVÁ, V., 1998. Analýza vzťahu nákladov a cien sortimentov surového dreva. In: ŠEVČÍKOVÁ, M. et al., Metodika analýzy vývoja disparity cien vstupov a výstupov lesnej výroby: 12–17. [Referenčná úloha.] VÚEPP Bratislava a LVÚ Zvolen: 56.
- ERNI, V. – LENN, R., 1995. Ein Simulationsmodell für den Forstbetrieb – Entwurf, Realisierung und Anwendung. In:

- Berichte – der Eidgenossischen – Forschungsanstalt für Wald – Schnee und Landschaft, 341: 89.
- EVANS, J. R. – BERMAN, B., 1990. Marketing. 4th edition. New York, Macmillan Publishing Company – London, Collier Macmillan Publishers: 606–625.
- JÖBSTL, H. – ZIER, R., 1995. Produktdifferenzierung und Speziallosbildung als Marketingstrategie im Forstbetrieb. Forderungsdienst, Beratungsservice, 43: 41–46.
- JÖBSTL, H., 1980. Maschinenkostenrechnung im Holzerntebetrieb unter besonderer Berücksichtigung der Plankostenrechnung. Allg. Forstz., 91: 95–100.
- HABERLE, S., 1996. Der Faktor Arbeit im Forstbetrieb – ein auslaufender Posten? Forstwiss. Cbl., 115: 108–117.
- HELLMAYR, M., 1997. Die Buchführungsergebnisse aus der Österreichischen Landwirtschaft im Jahr 1996. LBG Wirtschaftstreuband und Beratungsgesellschaft, m.b.H.: 91.
- IMPONEN, V. – KAILA, S., 1988. The effect of size of the regeneration area on the costs of harvesting and silvicultural operations on South Finland. Metsäteho Katsaus, Finland, No. 18: 6.
- KATO, F. – JUNEMANN, D., 1979. Ein Konzept der forstlichen Maschinen Investitionsrechnung. Beitrag zur Vereinheitlichung und Verbesserung. Forstarchiv, 50: 229–235.
- MOOG, M., 1990. Überlegungen zur optimalen Zielstarke der Buche. Allg. Forstz., 45: 1158–1160.
- OIJALA, T., 1991. The cost calculation model for truck transport of timber. Metsäteho Katsaus, Finland, No. 14: 4.
- SEKOT, W., 1993. Betriebsergebnisse 1992: Forstbetrieb als „Kostenanpasser“. Österr. Forstz., 102: 13–15.
- SAGL, W., 1993. Betriebswirtschaftliche Aspekte zur „Naturnahen Waldwirtschaft“. Österr. Forstz., 102: 8–11.
- SCHOPFER, W. – AVE MARK, W. – STOHR, D., 1996. Sorten, Erlös und Kostenkalkulation in der Holzernte – eine PC gestützte Entscheidungshilfe für den Forstbetrieb. Forst u. Holz, 51: 457–461.
- ŠEVČÍKOVÁ, M. – IZAKOVIČOVÁ, B. – CUKEROVÁ, V., 1998. Metodika analýzy vývoja disparity cien vstupov a výstupov lesnej výroby. [Referenčná úloha.] Bratislava, VÚEP: 56.
- WEGENER, G., 1995. Perspektiven der Holznutzung. Forstwiss. Cbl., 114: 97–106.
- Programové vyhlásenie vlády Slovenskej republiky (I.). Národná obroda, 20. novembra 1998, príloha.
- Správa o lesnom hospodárstve v SR (Zelená správa), 1997. Bratislava, MP SR: 157.

Došlo 12. 1. 1999

PRICE AND COST OF WOOD PRODUCTION AS A COMBINED PRODUCT

V. Cukerová, J. Šálka

Forest Research Institute, T. G. Masaryka 22, 960 92 Zvolen

New economic policy requires to know the efficiency of production of all products from the forest sector. Various methods of economic efficiency calculation have been used in the forest sector in recent years. Different levels of technology mechanization in a production process or various methods of labor organization were taken into account for these calculations. Some authors agree that better economic results are achieved by small firms than by the large ones. Marginal theory of growth has recently become very attractive when the limits of economic efficiency are to be determined.

Wood cost and price analysis was carried out in the company State Forests of the Slovak Republic. Wood production cost increased more than twice in 1990–1997 as indicated by its index 2.32 while the index of wood price increase was 2.25 only. Disparity of price and cost trends in a short run still increased over the last three years 1995–1997 in comparison with a long run, when the index of an increase in wood production cost was 1.17 while wood prices showed a decreasing trend (index 0.96). Increasing disparity of price and cost trends resulted in the lack of money for afforestation, forest regeneration and other silvicultural and protective measures. So a need to address this complicated situation has arisen.

The structure of wood production costs and trends of wood prices for the particular assortments were evalu-

ated in the first step. Total cost volume consists of overhead cost as the highest item (30%), of material cost (19%) and wage cost (11%). It is necessary to find such a method of pricing for the assortments of given quality grade that the cost incurred will be expressed in the price in a more reasonable way. The core of the problem is to calculate the production cost of various wood assortments when their prices are given but only aggregate costs were used.

The method of evaluation of cost relevance in relation to wood prices is based on correlation analysis applied to average prices, prices of the particular wood assortments and costs of silvicultural and logging operations. The results of the analysis showed that the growth rate of material cost was faster than that of wage cost in the long run; it can be explained by outdated machinery or by general inflation trends. But the wood price movements did not copy the growth of material cost ($r_{xy} = 0.28$). The correlation between wood prices and growth of wage cost was higher ($r_{xy} = 0.63$). These correlations document parallel stagnation of wood prices and labor cost in the forest sector. Even though the economic evaluation of every product should be a result of the cost and price combination, it is obvious that equal proceeds can be associated with different costs.

As indicated by the price and cost analysis for the assortments, the correlation was highly significant for grade III A,B hardwood assortments (0.855), for thin

poles (0.877) and for softwood poles (0.809). The cost of silvicultural operations was relevant to wood prices in all softwood assortments and in most hardwood assortments (except grade I assortments, chips and thin poles). Costs of logging operations were much less relevant to price trends. The correlation was confirmed in grade III hardwood assortments only, and in grade I softwood assortments and poles.

It is possible to state in general that prices were relevant to costs mainly in grade III A,B assortments, in poles of higher grades I and II to a lesser extent. In spite of its highest volume in the structure of supplied assortments, pulpwood shows a lower correlation between wood prices and costs, but for silvicultural operations only.

For the purposes of another analysis, the correlation was studied after adjustment for the effect of inflation in the particular years; the correlation between wood price and direct costs adjusted for inflation was found lower than the correlation when the effect of price was not taken into account. A difference in calculated correlations diminishes in dependence on the quality grade of assortments: the higher the wood grade, the higher its impact on price and cost trends. Production costs of softwood assortments are more sensitive to inflation than production costs of hardwood assortments.

Besides determination of the rate of cost relevance to wood prices it was necessary to fulfill another task: to identify a price standard (base) of assortments for a comparison of the relative position of the existent price level. To determine a relative position, a group of assortments is taken while one assortment (group of assortments) is the basic one. It will play the role of a price or cost standard, in our case it is grade III A,B assortment.

Not only grade III A,B round timber but also pulpwood have ever been articles with highest turnover. As the correlations between pulpwood cost and price are at a lower level of significance, grade III A,B pulpwood is taken as a standard assortment.

The price structure of assortments of higher and lower grade than the standard is derived on the basis of standard assortment costs and prices. Using the coefficients indicating proportions of prices of the particular wood assortments in average price, costs of production of wood assortments are calculated. The calculated price proportions are multiplied by the average cost of production of 1 m³ in the given year. The amount of 1,407 Sk was taken as an average cost for 1995, 1,448 Sk for 1996 and 1,642 Sk for 1997 while the respective average prices were 1,190, 1,151 and 1,144 in 1995, 1996 and 1997.

Another method was applied when not the price of standard assortment but average wood price was used

for the calculation of coefficients. Large differences in price levels determined in this way showed that the method was not a good one. The differences in production costs cannot be extremely large in the phase production of various assortments (combined product) although a dilemma may arise due to the opposite trend of cost requirements of produced assortments in comparison with the market value of assortments.

The above described adjustment of costs makes it possible to determine the price of products in relation to cost and actual demand and to take into account the conditions of production cost. In this case, the price level is adjusted to the cost in time. The analysis is to help evaluate the economics of production of the particular assortments and is important with respect to the reserves that could alleviate a stress resulting from disparity of price and cost trends. It could contribute to improvement of assortment handling and to the requirement of more accurately keeping records of costs and outputs.

Hence forest owners can postpone logging operations if the market price of wood is too low, they can modify a wood assortment structure in keeping with the market situation or find customers with a different structure of demands. They should calculate their highest cost possible.

The price level is determined not only by the cost depending on production conditions to some extent (it is not possible to produce highest grade assortments only) but also by the instantaneous situation in the market (a limited number of customers want to buy so called resonance wood). It is the problem of a market segment with inelastic demand. Besides these unique market segments there should be a price level for such market segments where the high price level reflects efforts to use the basic demand.

Every economic actor should observe the premise that the price shall cover the cost at least. The present lack of information on the consumption of the specific inputs resulting from the use of a very aggregated method of prime cost calculation does not allow to quantify in greater detail the impacts of input price trends on the level of raw timber production cost and consequently to evaluate them. But the consequences of environmentally friendly fair management of a forest company were explained with respect to an increase in costs of silvicultural operations that is not accompanied by the adequate growth of wood prices. It requires additional subsidies, or forest farmers are obliged to decrease the cost or to adjust wood price to the cost of silvicultural and logging operations when wood assortments of higher and lower grade are produced.

Kontaktná adresa:

Ing. Viera Čukerová, Lesnícky výskumný ústav, T. G. Masaryka 22, 960 92 Zvolen, Slovenská republika

VYUŽITÍ INFORMAČNÍ ENTROPIE PRO URČENÍ SMÍŠENÉHO LESA

USE OF INFORMATION ENTROPY TO DEFINE A MIXED FOREST

P. Polster¹, H. Polsterová²

¹ Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Lesnická a dřevařská fakulta, Lesnická 37, 613 00 Brno

² Vysoké učení technické, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Údolní 53, 602 00 Brno

ABSTRACT: The transition of the Czech forest statistics to the statistical procedures used by the European Union necessitates to define and to introduce into practical use terms and concepts that have been missing in the Czech forest statistics terminology. One of these concepts is a mixed forest, i.e. the determination what formulation of broadleaved and coniferous tree species defines the coniferous forest, the broadleaved forest and the mixed forest. The boundary limits may be determined by means of the application of theoretical procedures of the information theory. By developing the model of the probability distribution of coniferous and broadleaved tree species in a forest, expressed in terms of entropy, or degree of mixture of coniferous and broadleaved woods, it is possible to find the boundaries between the coniferous forest and mixed forest on the one hand, and the boundaries between the mixed forest and the broadleaved forest on the other. The model, evaluated both graphically and numerically, implies this boundary to be 79.5% conifers and 20.5% broadleaved trees and complementarily 79.5% broadleaved trees and 20.5% conifers. For practical applications it is advisable to shift these boundaries a little bit to the values of 80% conifers and 20% broadleaved trees (or, alternatively, 20% conifers and 80% broadleaved trees). The adoption of this boundary limit, which has been found exclusively by the methods of the information theory, requires, however, to know and to consider the opinion of other experts, particularly of those in forest production, forest economy and silviculture.

information theory; entropy; mixed forest; coniferous forest; broadleaved forest

ABSTRAKT: Pro potřeby přechodu české lesnické statistiky na pravidla statistiky Evropské unie je nutné definovat a zavést do používání pojmy, které v české lesnické statistice dosud chybějí. Jedním z těchto pojmů je les smíšený, tj. určení, při jaké kombinaci listnatých a jehličnatých dřevin lze uvažovat o lese jehličnatém, listnatém a smíšeném. Tuto hranici je možné určit aplikací teoretických postupů teorie informace. Sestavením modelu průběhu pravděpodobnostního zastoupení jehličnatých a listnatých dřevin v lese vyjádřeného pomocí entropie (resp. kombinace entropií jehličnatého a listnatého lesa) lze určit hranici lesa jehličnatého – smíšeného a smíšeného – listnatého. Z vyčísleného a graficky vyhodnoceného modelu vyplývá tato hranice při hodnotě 79,5% zastoupení jehličnanů a 20,5% zastoupení listnáčů a komplementárně k tomu hodnota 79,5% zastoupení listnáčů a 20,5% zastoupení jehličnanů. Pro praktickou potřebu je vhodné teoreticky zjištěnou hranici posunout na hodnotu 20% zastoupení jehličnanů a 80% listnáčů (resp. hodnotu 20% zastoupení listnáčů a 80% jehličnanů). K oprávněnosti stanovení této hranice, stanovené výhradně postupy teorie informace, je nutné vyjádření dalších odborníků z hledisek produkčních, ekonomických, přírodně-pěstelských atd.

teorie informace; entropie; smíšený les; jehličnatý les; listnatý les

ÚVOD

Lesnická statistika má v českých zemích dost dlouhou tradici. První v literatuře dostupné údaje, které můžeme považovat za statistické zachycení stavu lesa, jsou údaje o lesní ploše podle stálého katastru z doby okolo roku 1850. Další úřední šetření, do nichž byly zahrnuty i lesní pozemky, jsou rakouské údaje z let 1875, 1900 a 1910.

Československá republika po svém vzniku v tomto nastoupeném trendu pokračovala obsáhlým statistickým šetřením o poměrech lesů v roce 1920. Tato šetření byla později opakována v letech 1930 a 1934 (Auerhan, 1920). Po 2. světové válce bylo první lesnické statistické šetření provedeno v roce 1950 rozsáhlou celoplošnou inventarizací lesů (Štěrba et al., 1960). Po tomto roce se dále provádějí periodická roční statistická šetření až do současnosti (časová řada je přerušena jen na dva roky po roce 1989 při konstituování státní statistické služby České republiky).

Uvedená statistická šetření postupně nabývala na objemu, při nich byly získány obsáhlé soubory dat, které precizně charakterizují vývoj stavu lesa

$$N' = \frac{n!}{n_1! n_2! \dots n_s!}$$

v českých zemích ve 20. století a částečně i v druhé polovině 19. století (Štěrba et al., 1960).

V současnosti Česká republika usiluje o vstup do Evropské unie (EU), a proto se i lesnická statistika musí přizpůsobit pravidlům statistiky EU. To představuje upravení sledovaných statistických ukazatelů lesnické statistiky podle pravidel EU. Dosavadní lesnické statistické výkazy státní statistiky (Českého statistického úřadu) ani statistiky resortní (Ministerstvo zemědělství ČR) a dostupné datové fondy Ústavu pro hospodářskou úpravu lesů neumožňují výpočet všech statistických ukazatelů lesnické statistiky EU.

Jedním z problémů, které není prozatím česká lesnická statistika schopna vyřešit, je rozdělení lesa na „les jehličnatý“, „les listnatý“ a „les smíšený“ (tab. VI Dotazníku lesnické statistiky podle oblastí – Š o b o t k o v á, 1996). Podobným problémem může být výpočet ukazatelů „plochy s jehličnany“ a „plochy s listnáči“ (ve stejné tabulce). V české lesnické praxi se doposud uvažuje pouze s lesem jehličnatým a listnatým, přičemž není kvantifikováno, jaký musí být podíl konifer nebo listnáčů, aby bylo možné les považovat za jehličnatý, případně listnatý. Les smíšený je chápán v obecném povědomí, jeho kvantifikace, resp. kvantifikace vzájemného podílu konifer a listnáčů však také není exaktně stanovena.

METODIKA

Pro exaktní určení jednoho ze zmíněných typů lesa je vhodné aplikovat teorii informace, resp. stanovit informační entropii závislou na dřevinné skladbě lesa, a určit intervaly hodnoty entropie, v nichž je možné les považovat za jehličnatý, listnatý a smíšený.

Podle teorie informace (K o t e k et al., 1990) můžeme kvantum informace chápat jako omezení neurčitosti poznání. Při posuzování informačního obsahu nějakého sdělení (zprávy) abstrahujeme od jeho obsahu a zabýváme se pouze syntaktickou stránkou informace, tj. problémem omezení neurčitosti se chápá v teorii informace kombinatoricky.

Každá zpráva (aby byla srozumitelná) musí být složena z určitého počtu znaků (symbolů) dané abecedy. Ze s znaků abecedy je možné sestavit zprávy o délce n . Při stejné pravděpodobnosti výskytu N zpráv je možné určit veličinu, charakterizující množství informace podle vztahu

$$I = K \ln N = K n \ln s$$

Veličina I (Hartleyova míra informace) však představuje pouze speciální případ stejné pravděpodobnosti výskytu zpráv. Obecně takový případ nenastává, čet-

nosti výskytu zpráv mají pravděpodobnost různou. Počet možností N' vyjádření zpráv o délce n sestavené pomocí abecedy o s symbolech, které se mohou ve zprávě vyskytovat s absolutními četnostmi $n_1, n_2, \dots, n_s$ bude dán počtem permutací s opakováním, tj.: bude-li n dostatečně velké, lze po úpravách do Hartleyova vzorce dosadit předchozí výraz

$$I = -K n \sum_{i=1}^s \left(\frac{n_i}{n} \ln \frac{n_i}{n} \right)$$

Budou-li se relativní četnosti považovat za pravděpodobnosti, lze množství informace obsažené ve zprávě, jejíž symboly nejsou rovnoměrně rozloženy, ale vyskytují se s pravděpodobnostmi P_i , vyjádřit jako

$$I = -K n \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i$$

Pokud se podělí toto celkové množství informace (I) počtem symbolů, získá se střední hodnota informace připadající na jeden symbol zprávy. Tuto střední hodnotu informace připadající na jeden symbol (H) nazval C. E. Shannon *entropií*, resp. *informační entropií* (pro odlišení od stejné veličiny v termodynamice – K o t e k et al., 1990).

Za předpokladu, že zpráva je vyjádřena pomocí konečné abecedy $A = \{a_1, a_2, \dots, a_s\}$, lze každému symbolu abecedy přiřadit určitou hodnotu signálu x_i : $x_i \in X = \{x_1, x_2, \dots, x_s\}$. Potom je možné předpokládat znalost pravděpodobnosti, s jakými se budou vyskytovat symboly abecedy – $P(a_i)$ –, resp. hodnoty signálu – $P(x_i)$ (dále se pro snazší zápis bude používat zkráceného označení indexu, tj. místo proměnné entropie se bude psát jen její index, např. P_i místo $P(x_i)$). Potom lze entropii signálu vyjádřit vztahem

$$H = \frac{I}{n} = -K \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i$$

Entropie má následující vlastnosti (3):

1. $H = 0$ tehdy a jen tehdy, jsou-li všechny pravděpodobnosti kromě jedné rovny nule a jedna pravděpodobnost je rovna jedné.
2. Jestliže jsou pravděpodobnosti výskytu všech hodnot stejné, dosahuje entropie svého maxima, což je

$$H_{\max} = \log_2 s$$

3. Sdružená entropie

Uvažují-li se dva signály $x_i \in X = \{x_1, x_2, \dots, x_s\}$ a $y_j \in Y = \{y_1, y_2, \dots, y_r\}$, potom se sdružená entropie definuje jako

$$H(X, Y) = -\sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^r P(x_i, y_j) \log_2 P(x_i, y_j)$$

kde $P(x_i, y_j) = P_{ij}$ je sdružená pravděpodobnost, tj. pravděpodobnost, že signál x nabývá hodnoty x_i a současně signál y nabývá hodnoty y_j . Pokud jsou známy sdružené pravděpodobnosti, lze z nich stanovit marginální pravděpodobnosti postupnou sumací. Pro dvou-rozměrný případ

$$P(x_n) = \sum_{j=1}^r P(x_j, y_j)$$

$$H(X) = - \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^r P(x_i, y_j) \log_2 P(x_i, y_j)$$

je jednorozměrná marginální entropie. Mezi sdruženou entropií a marginálními entropiemi platí důležitá nerovnost.

Před vlastním sestavením metody určení smíšeného lesa je však nutné nejprve tento pojem definovat. Je možné jej chápat ze dvou pohledů:

1. Prvním pohledem je „absolutní“ chápání smíšenosti. Smíšený les je takový,

$$H(X, Y) \leq H(X) + H(Y)$$

v němž je více různých druhů dřevin, tj. uvažujeme pro stanovení smíšenosti lesa jednotlivé druhy dřevin, které jsou seskupeny do dvou množin dřevin jehličnatých a listnatých. Hranici mezi lesem smíšeným a nesmíšeným (s případnými vtroušenými dřevinami) určíme stanovením mezní hodnoty entropie, která určuje pro jednotku prostorového členění lesa (zpravidla porost) zařazení do skupiny lesa smíšeného a nesmíšeného. Pro výpočet entropie by pak bylo možné použít vzorce pro výpočet marginální entropie, kde by jednotlivé signály byly reprezentovány procenty zastoupení určitého druhu dřeviny v porostu, seskupených dvou zmíněných množin konifer a listnáčů.

Výpočet marginální entropie však předpokládá vztah mezi množinami signálů (v našem případě množinami konifer a listnáčů). Při stanovení pravděpodobnosti P_{ij} (index i reprezentuje signál z množiny konifer, index j signál z množiny listnáčů) musíme vycházet z pravidel počtu pravděpodobnosti (Škráček, 1962).

Nechť P_j značí pravděpodobnost jevu x_j za daného systému podmínek. Připojíme-li k tomuto systému další podmínku, že nastal jev y_j , pak se pravděpodobnost jevu x_j při novém systému podmínek nazývá pravděpodobností podmíněnou (nastoupením jevu y_j) a značí se P_{ij} . Pravděpodobnost P_{ij} je pravděpodobností podmíněnou (posterioři) a definuje se vztahem

$$P_{ij} \cdot P_j = P_{ij}$$

(platí i pro $P_j = 0$), takže

$$P_{ij} = \frac{P_{ij}}{P_j} \text{ pokud } P_j \neq 0$$

V našem případě jsou množiny jehličnanů a listnáčů (resp. pravděpodobnosti jejich výskytů vyjádřené procentuálním zastoupením) navzájem disjunktní, protože okamžitý výskyt sumy signálů jedné množiny je doplnkem sumy signálů (při sumě zastoupení všech dřevin rovné 100 %) množiny druhé. Praktickému výpočtu brání skutečnost, že při stoprocentním zastoupení jedné dřeviny (v monokultuře) pravděpodobnost P_j nabývá nulové hodnoty, takže nejsme schopni vypočítat entropii v celém rozsahu hodnot, jichž mohou obě množiny nabýt.

2. V lesnické praxi se zpravidla smíšenost chápe jinak. Smíšený les je takový, v němž sdružíme jednotlivé druhy dřevin do dvou obvykle používaných skupin – množin (dřeviny listnaté a jehličnaté). Takové chápání pojmu smíšenosti umožňuje nejen stanovení hranice mezi smíšeným a nesmíšeným lesem, ale zároveň umožňuje stanovení dvou hranic – hranice mezi lesem jehličnatým a smíšeným a hranice mezi lesem smíšeným a listnatým. Tento způsob chápání smíšenosti lesa zároveň odpovídá i pravidlům statistiky EU.

Dělení mezi smíšeným a nesmíšeným lesem lze zjistit určením hraničních hodnot entropie spočítané z procentuálního zastoupení skupin dřevin. Pro výpočet entropie je možné použít vzorec

$$H = - \sum_{i=1}^s P_i \log_2 P_i$$

Vzorec se použije pro výpočet entropie pro množinu dřevin jehličnatých v celém intervalu možných výskytů $< 0 \%, 100 \% >$ a totéž se provede pro množinu dřevin listnatých. Vyšetřením vzájemného vztahu těchto entropií je pak možné určit hraniční hodnoty entropií, vymezující skupiny lesa jehličnatého, smíšeného a listnatého. Z hraničních hodnot entropií je následně možné určit intervaly procentuálního zastoupení konifer a listnáčů v těchto skupinách lesa.

URČENÍ HRANIC SMÍŠENÉHO LESA

Z předchozích úvah vyplývá, že určení smíšeného lesa se bude opírat o výpočet entropie dvou množin, množiny pravděpodobnosti výskytu (vyjádřené procentuálním zastoupením) konifer a množiny pravděpodobnosti výskytu listnáčů a z porovnání průběhu těchto entropií.

Výpočty entropií lze provést poměrně jednoduše – např. pomocí tabulkového procesoru MS Excel. Příklad výpočtu je uveden v tab. I (pro úsporu místa není uvedena celá tabulka se 101 řádkem hodnot). Výpočet entropií byl proveden podle vzorce

$$H = - \sum_{i=1}^s P_i \log_2 P_i$$

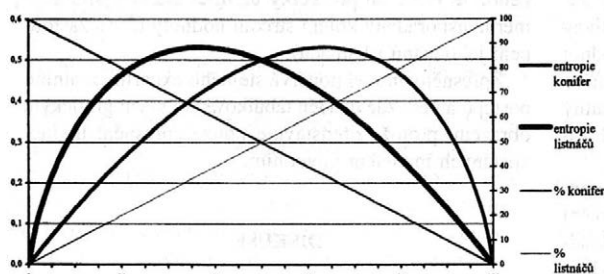
Při výpočtu se dosazovaly za hodnoty P_i signálů x_i procentuální zastoupení jehličnatých (případně listnatých) dřevin zastoupených v porostu. Hodnota maxima s byla stanovena pro modelový počet možných zastoupení. Pro výpočet byl vytvořen model zastoupení dřevin v procentech od hodnoty 0 % po hodnotu 100 % se stoupáním intervalu po jednom procentu (toto stoupání intervalu bylo zvoleno s ohledem na přesnost grafického zobrazení při vyšetřování vztahů mezi entropiemi), tj. bylo vytvořeno 101 výskytů pravděpodobností dřevin ($s = 101$). Výpočet dvojkového logaritmu byl proveden podle vzorce (Rektorys et al., 1963)

$$\log_b x = \frac{\log_a x}{\log_a b} \Rightarrow \log_2 x = \frac{\log_{10} x}{\log_{10} 2}$$

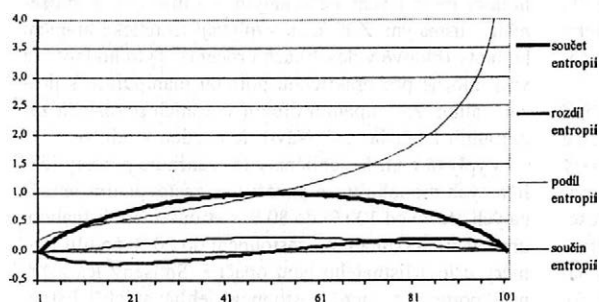
I. Vyčíslení entropií a jejich vztahů pro modelovou množinu – The values of entropies and their relations for a model set

Porost ¹	Σ konifer ²	Σ listnáčů ³	$H_{konifer}^2$	$H_{listnáčů}^3$	$H_k + H_l$	$H_k - H_l$	H_k/H_l	$H_k \cdot H_l$
1	100	0	0,00	0,00	0,000000	0,000000		0,000000
2	99	1	0,01	0,07	0,080793	-0,052084	0,216058	0,000954
3	98	2	0,03	0,11	0,141441	-0,084314	0,253049	0,003224
...								
20	81	19	0,25	0,46	0,701471	-0,208981	0,540929	0,112097
21	80	20	0,26	0,46	0,721928	-0,206843	0,554588	0,119599
22	79	21	0,27	0,47	0,741483	-0,204164	0,568203	0,127028
23	78	22	0,28	0,48	0,760168	-0,200979	0,581793	0,134365
24	77	23	0,29	0,49	0,778011	-0,197324	0,595372	0,141591
...								
78	23	77	0,49	0,29	0,778011	0,197324	1,679622	0,141591
79	22	78	0,48	0,28	0,760168	0,200979	1,718825	0,134365
80	21	79	0,47	0,27	0,741483	0,204164	1,759934	0,127028
81	20	80	0,46	0,26	0,721928	0,206843	1,803142	0,119599
82	19	81	0,46	0,25	0,701471	0,208981	1,848673	0,112097
...								
99	2	98	0,11	0,03	0,141441	0,084314	3,951807	0,003224
100	1	99	0,07	0,01	0,080793	0,052084	4,628390	0,000954
101	0	100	0,00	0,00	0,000000	0,000000		0,000000

¹forest stand, ²conifers, ³broadleaved trees



1. Vztah procentuálního zastoupení skupin dřevin a jejich entropií – Graph of percentage representation of tree species groups and their entropies



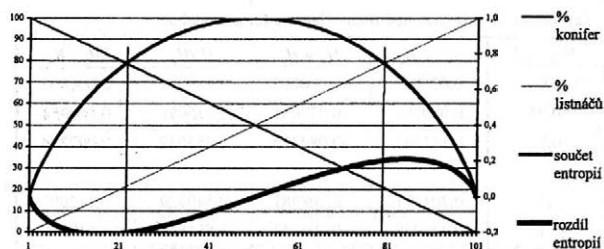
2. Grafické znázornění průběhů vztahů entropií – Curves of entropy relations

Výpočty entropií byly provedeny pro obě množiny a byly graficky znázorněny jejich průběhy (obr. 1). Obdobně byly graficky znázorněny vztahy (součet, součin, rozdíl a podíl) mezi entropiemi (obr. 2).

Z rozboru obr. 1 je patrné, že pouze samostatné hodnoty entropie konifer a listnáčů nelze použít pro vydělení hranice mezi porostem jehličnatým a smíšeným (resp. smíšeným a listnatým). Z grafického vyobrazení

lze sice určit hranice (průsečíky křivky entropie a přímky grafického znázornění procentuálního zastoupení skupiny dřevin), ale nelze rozhodnout pomocí jediné číselné hodnoty, zda se jedná o hranici jehličnatý – smíšený les nebo smíšený – listnatý les.

Z obr. 2, který znázorňuje průběhy vztahů mezi entropiemi obou množin, lze usuzovat, že pro určení hranic smíšeného lesa budou použitelné hodnoty rozdílu



3. Určení hranic smíšeného lesa – Determination of mixed forest boundaries

II. Hodnoty procentuálního zastoupení dřevin v typech lesa – The percentage values of tree species in forest types

Zastoupení dřevin ¹	Modelové ²		Pro praktickou potřebu ³	
Typ lesa ⁶	listnatých ⁴	jehličnatých ⁵	listnatých ⁴	jehličnatých ⁵
Jehličnatý ⁷	0–20,5	100–79,5	0–20	100–80
Smíšený ⁸	20,5–79,5	79,5–20,5	20–80	80–20
Listnatý ⁹	79,5–100	20,5–0	80–100	20–0

¹tree species percentage, ²model, ³for practical use, ⁴broadleaved species, ⁵conifers, ⁶forest type, ⁷coniferous, ⁸mixed, ⁹broadleaved

nebo podílu obou entropií. Průběhy vztahů součet a součin jsou symetrické (okolo osy proložené stejným zastoupením obou skupin dřevin, tj. 50 % konifer a 50 % listnáčů). Tyto vztahy jsou pro řešení úlohy nepoužitelné. Podíl entropií by šlo použít, ale jeho hodnoty nejsou definovány v celém intervalu možných hodnot (při 100% zastoupení jedné skupiny dřevin, tj. jedná se o interval otevřený, kdežto pro řešení úlohy je nutný interval uzavřený včetně extrémních hodnot 100% zastoupení jedné skupiny dřevin).

Proto je možné použít pouze vztah rozdílu obou entropií, zobrazený na obr. 3. Podle grafického znázornění (křivky hodnot) je vidět, že podle zápornosti nebo kladnosti rozdílu entropií je možné určit, zda se jedná o hranici (určenou průsečíkem křivky součtu entropií a přímkou procentuálního zastoupení obdobně jako na obr. 1) jehličnatý – smíšený nebo smíšený – listnatý. Graficky určené hranice byly zpětně přeneseny do tab. I (vyznačeno vystínováním příslušného řádku).

Pro zpřesnění bodu průniku křivky součtu entropií a přímkou procentuálního zastoupení listnáčů byl podle předchozího modelu vytvořen model zpřesněný, který obsahuje pouze část intervalu uvedeného v modelu původním (tab. I). Zpřesněný model vycházel ze zkušeností získaných analýzou původního modelu. Interval zastoupení dřevin byl omezen na rozsah 80 % jehličnanů (20 % listnáčů) až 78 % jehličnanů (22 % listnáčů). Komplementární zastoupení skupin dřevin bylo v tabulce modelu odstupňováno krokem 0,1 % (v původním modelu je krok 1 %). Po provedení výpočtů a sestavení grafu zpřesněného modelu byla (stejným způsobem jako u původního modelu) určena hranice mezi lesem jehličnatým a smíšeným na hodnotu 79,5% zastoupení jehličnanů a 20,5% zastoupení listnáčů.

Ve zpřesněném modelu byl určován pouze jeden průsečík v obr. (hranice mezi jehličnatým a smíšeným lesem). Hodnotu, určenou zpřesněným modelem, lze

přenést i na hranici mezi lesem smíšeným a listnatým, protože vzájemný poměr skupin dřevin je komplementární, což potvrzuje i grafické znázornění (obr. 3), podle něhož je vidět, že průsečíky určující hranice jsou souměrně uspořádány kolem střední hodnoty (50% zastoupení jehličnanů i listnáčů).

Zpřesněný model používá stejného experimentálního postupu a není zde uváděn tabulkově ani svým grafickým obrazem, protože představuje pouze zpřesnění hodnot zjištěných modelem původním.

DISKUSE

Prezentovaný model umožňuje teoreticky stanovit hranici mezi lesem jehličnatým – smíšeným a smíšeným – listnatým. Z modelu vyplývají teoretické hraniční hodnoty (řádkově v desetinách procent). Tyto hodnoty je však možné pro praktickou potřebu manipulace s procentuálním zastoupením dřevin v lesních porostech zakrouhlit na čísla celá. Návrh je uveden v tab. II.

Vyplývá z ní, že jehličnatý les zahrnuje porosty jehličnatých monokultur a porosty se zastoupením jehličnatých dřevin od 100 % do 80 % s vtroušenými listnatými dřevinami maximálního zastoupení do 20 % podílu. Poměry u lesa listnatého jsou opačné. Smíšený les zahrnuje porosty, v nichž zastoupení jehličnatých i listnatých dřevin přesahuje hranici 20% zastoupení.

ZÁVĚR

Ze sestaveného modelu průběhu pravděpodobnostního zastoupení jehličnatých a listnatých dřevin v lese vyjádřeného pomocí entropie, resp. kombinace entropií jehličnatého a listnatého lesa lze určit hranici lesa jehličnatého – smíšeného a smíšeného – listnatého. Z vy-

čísleného a graficky vyhodnoceného modelu vyplývá tato hranice při hodnotě zastoupení 79,5 % jehličnanů a 20,5 % listnáčů a komplementárně k tomu hodnota zastoupení 79,5 % listnáčů a 20,5 % jehličnanů. Pro praktickou potřebu je vhodné teoreticky zjištěnou hranici posunout na hodnotu zastoupení 20 % jehličnanů a 80 % listnáčů (resp. hodnotu zastoupení 20 % listnáčů a 80 % jehličnanů).

K oprávněnosti stanovení této hranice, stanovení výhradně postupy teorie informace, je nutné vyjádření dalších odborníků především z hledisek produkčních (hospodářsko-úpravnických), ekonomických, přírodně-pěstelských apod.

Literatura

AUERHAN, J., 1923. Úhrnné výsledky statistického šetření o poměrech lesů v Čechách dle stavu r. 1920. Lesn. Práce, 2: 336–381.

KOTEK, Z. – VYSOKÝ, P. – ZDRÁHAL, Z., 1990. Kybernetika. Praha, SNTL: 375.

REKTORYS, K. et al., 1963. Přehled užité matematiky. Praha, SNTL: 1140.

SOBOTKOVÁ, V., 1996. Systém odvodu statistických údajů vlastníky lesa v Rakousku, Německu a Švýcarsku. [Zpráva z 1. etapy veřejné zakázky MZe ČR.] Jíloviště-Strnady, VÚLHM: 80.

ŠKRÁŠEK, J., 1962. Základy počtu pravděpodobnosti a matematické statistiky. Praha, SNTL: 184.

ŠTĚRBA, M. – TOUPAL, J. et al., 1960. Vývoj lesního hospodářství a spotřeby dřeva v ČSR. Praha, Státní ústav statistický: 350.

Došlo 17. 5. 1999

USE OF INFORMATION ENTROPY TO DEFINE A MIXED FOREST

P. Polster¹, H. Polsterová²

¹ Mendel University of Agriculture and Forestry, Faculty of Forestry and Wood Technology, Lesnická 37, 613 00 Brno

² Technical University, Faculty of Electrotechnics and Informatics, Údolní 53, 602 00 Brno

The term „mixed forest“, which appears in EU statistics, is not used in the Czech forest statistics, employing only the terms „coniferous forest“ and „broadleaved forest“. Mixed forest is understood as a general notion, but its quantification, and/or quantification of the coniferous to broadleaved tree ratio is not exactly defined.

Theoretical procedures of information theory can be applied to this exact definition, or it is possible to determine information entropy in relation to forest tree species composition and to delimit the ranges of entropy values within which the forest can be considered as coniferous, broadleaved and mixed.

In accordance with information theory, information quantity is a delimitation of indeterminate knowledge. When the information content of a message (communication) is evaluated, its content is abstracted from and only the syntactic aspect of information is taken into account. Every message is transmitted (communicated) by a signal using signs (symbols). If relative frequencies of sign occurrence are taken as probabilities, information quantity of the message with uneven distribution of symbols can be expressed as the mean value of information per message symbol, i.e. as *entropy* or *information entropy* (the entropy value is calculated as a quotient of total information quantity and the number of message symbols).

The properties of entropy are as follows: entropy is zero if, and solely if, all probabilities except one equal to zero and one probability equals to one; if the probabilities of occurrence of all values are identical, entropy reaches its *maximum*; *conjugate* entropy uses two signals and is defined as conjugate probability, i.e. probability that the first signal will have one value and the second signal will have another value at the same time.

The term should be defined before the method of mixed forest definition is developed. Two approaches can be applied:

1. An „absolute“ one – to define the mixed forest the particular tree species will be specified, the boundary between mixed and pure forest is given by the limit value of conjugate entropy for representation of one tree species which determines the classification of the unit of forest spatial division (regularly a forest stand) in the group of mixed or pure forest; the particular signals used for calculations are indicated as percentual proportions of the particular tree species in forest stand; practical calculation is difficult because the probability will have a zero value if any tree species has 100% representation (in pure stand), so it is not possible to calculate the whole range of entropy values.

2. The concept of mixed forest in practical conditions: tree species are grouped into two sets – broadleaved species and coniferous ones (this concept allows to establish two boundaries: a boundary between coniferous forest and mixed forest, and a boundary between mixed forest and broadleaved forest – it is in accordance with EU statistics rules), a boundary be-

tween mixed and pure forest is determined by the limit values of entropy calculated from percentages of the sets; entropy values will be calculated for the set of coniferous species within the entire interval of possible occurrences $< \%, 100\% >$, the same procedure will be used for the set of broadleaved species; evaluation of interrelations of entropy values will help calculate the limit values of entropies (percentual proportions) that will delimit the groups of coniferous, mixed and broadleaved forest.

The above considerations show that the definition of mixed forest will be based on calculation of the entropy of two sets: a set of probability of occurrence of conifers (expressed by percentual proportion) and a set of probability of occurrence of broadleaved species, and on a comparison of the values of these entropies.

Entropy values can be calculated by help of spreadsheets. Percentages of coniferous (and/or broadleaved) species represented in the forest stand are introduced as the values of signals in the process of computations. A model of percentual proportions of tree species was developed, ranging from the value 0% to the value 100% with an interval increase by 1%. Entropy values were arranged in a table for both sets, and their curves and relations were represented graphically (sum, product, difference and quotient).

Graphical representation shows that the separate values of conifer and broadleaved entropy cannot be used to solve this problem. It is possible to determine the boundaries, but it is not possible to decide from the only numerical value whether it delimits the boundary coniferous-mixed forest or mixed-broadleaved forest. The curves of sum and product relations are symmetric around the axis fitted through the identical percentage values of both groups of tree species (50% conifers and 50% broadleaved trees), i.e. these relations cannot be used to solve the problem. The values of entropy difference or quotient can be applied to delimit the boundaries. The entropy quotients are not defined in the entire interval of potential values (at 100% representation of one tree species group), i.e. it is an open interval but a closed interval including extreme values of 100% representation of one tree species group is necessary to solve the problem. Therefore only the difference relation for both entropies can be used. It is possible to determine from either negative or positive values of entropy difference whether it is the boundary coniferous-mixed forest or mixed-broadleaved forest. Graphically delimited boundaries are introduced into the

spreadsheet of the model for computation of numerical values of the percentual proportion of the tree species sets.

An updated model containing only a part of the interval used in the original model was developed on the basis of the preceding model for more accurate graphical plotting of the boundaries. Experience from the analysis of the original model was applied to the updated model. The interval of tree species representation was within the range of 80% conifers (20% broadleaved species) to 78% conifers (22% broadleaved species). Complementary representation of tree species groups was graded by the step 0.1% in the model spreadsheet (step 1% was used in the original model). Following the computations and graph construction of the updated model and applying the same method as in the original model, the boundary between coniferous forest and mixed forest was determined by the value 79.5% of conifers and 20.5% of broadleaved species. Only one intersection point (the boundary between coniferous and mixed forest) was determined in the updated model. The value determined by the updated model can also be applied to the boundary between mixed forest and broadleaved forest because the interrelations of tree species groups are complementary (the curves are symmetric around the axis fitted through the intersection point of tree species percentages).

It is possible to determine the boundary between coniferous-mixed and mixed-broadleaved forest from the presented model of the probabilities of coniferous and broadleaved species representation in a forest, expressed by entropy or by the conjugation of entropies of the sets of coniferous and broadleaved species. The model shows theoretical limit values (in tenths of percent) for the representation 79.5% conifers and 20.5% broadleaved species, and in a complementary way, for the representation 79.5% broadleaved species and 20.5% conifers.

Theoretically computed values can be rounded to integers for practical use of the percentage representation of tree species in forest stands. Coniferous forest includes coniferous pure stands and stands consisting of 100% to 80% of coniferous species with incidental broadleaved species maximally up to 20%. The percentage representation for broadleaved forest is at an inverse ratio. *Mixed forest includes stands in which the proportion of coniferous and broadleaved species is higher than 20%.*

Kontakní adresa:

Ing. Petr Polster, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Lesnická a dřevařská fakulta, Lesnická 37, 613 00 Brno, Česká republika

INSTRUCTIONS TO AUTHORS

The journal publishes original results of fundamental and applied research from all fields of forestry related to European forest ecosystems. An article submitted to Journal of Forest Science must contain original work and must not be under consideration for publishing elsewhere. Manuscripts should not exceed 25 double-spaced typed pages (A4 size) including tables, figures, references, abstract and summary. A PC diskette with the paper text and graphical documentation should be provided with the paper manuscript, indicating the used editor program. Papers should be clear, concise and written in Czech, Slovak or English. Each manuscript must contain two or three pages of English summary. Correct English is the responsibility of the author. Manuscripts should be typed on standard paper (A4 size, 60 characters per line, 30 lines per page). They must fully conform to the organization and style of the journal. Two copies of the manuscript should be sent to the executive editor: Mgr. Radka Chlebečková, Institute of Agricultural and Food Information, 120 56 Praha 2, Slezská 7, Czech Republic.

Text

Manuscript should be preceded by a title page comprising the title, the complete name(s) of the author(s), the name and address of the institution where the work was done, and the telephone and fax numbers of the corresponding author, or e-mail. Each paper must begin with an Abstract of no more than 90 words, and key words. The Introduction should be concise and define the scope of the work in relation to other work done in the same field. As a rule, it should not give an exhaustive review of literature. In the chapter Materials and Methods, the description of experimental procedures should be sufficient to allow replication of trials. Plants must be identified by taxonomic and common name. Abbreviations should be used if necessary. Full description of abbreviation should follow the first use of an abbreviation. The International System of Units (SI) and their abbreviations should be used. Results should be presented with clarity and precision. Discussion should interpret the results. It is possible to combine Results and Discussion in one section. Literature citation in the text should be by author(s), and year. If there are more than two authors, only the first one should be named in the text, followed by the phrase „et al.“ They should mainly consist of reviewed periodicals. References should include only publications quoted in the text. They should be listed in alphabetical order under the first author's name, citing all authors.

Tables

Tables should be numbered consecutively and have an explanatory title. Each table, with title, should be on a separate sheet of paper.

Figures

Figures should be referred solely to the material essential for documentation and for the understanding of the text. Duplicated documentation of data in figures and tables is not acceptable. All illustrative material must be of publishing quality. Figures cannot be redrawn by the publisher. Photographs should exhibit high contrast. All figures should be numbered consecutively with arabic figures. Both line drawings and photographs are referred to as figures. If several separate line drawings or photographs are to be incorporated in a single figure, they should be stuck on a white card with a minimum of space left between them. Each figure should contain a concise, descriptive legend.

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 ze všech oborů lesnictví, které mají vztah k evropským lesním ekosystémům. Autor práce je odpovědný za původnost příspěvku; práce nesmí být publikována nebo zaslána k publikování do jiného časopisu. Rozsah zaslání příspěvku nemá přesáhnout 25 stran (A4 formátu, psaných oběma směry) včetně tabulek, obrázků, literatury, abstraktu a souhrnu. K rukopisu je třeba přiložit disketu s textem práce a s grafickou dokumentací pořízenou na PC s uvedením použitého programu. K publikování jsou přijímány práce psané v češtině, slovenštině nebo angličtině. Zaslání rukopisů musí obsahovat anglický souhrn o rozsahu 3 strany. Autor odpovídá za správnost anglického textu. Rukopisy mají být napsány na papíře formátu A4 (60 úhozů na řádku, 30 řádků na stránce). Uspořádání článku musí odpovídat formě, ve které jsou články publikovány. Je třeba zaslat dvě kopie rukopisu na adresu vedoucí redaktorky: Mgr. Radka Chlebečková, Ústav zemědělských a potravinářských informací, 120 56 Praha 2, Slezská 7. O uveřejnění práce rozhoduje redakční rada časopisu se zřetelem k lektorským posudkům, vědeckému přínosu a celkové kvalitě práce a s přihlédnutím k významu článku pro lesní hospodářství.

Úprava textu

Rukopis má obsahovat titulní stranu, na které je uveden název článku, jméno autora (autorů), název a adresa instituce, kde práce byla vypracována, a číslo telefonu a faxu autora, popř. e-mail.

Každý článek by měl obsahovat český (slovenský) a anglický abstrakt, který nemá mít více než 90 slov, a klíčová slova. Úvod by měl být stručný, s uvedením zaměření a cíle práce ve vztahu k dosud provedeným pracím. Neměl by v něm být uveden rozsáhlý přehled literatury. V kapitole Materiál a metody by měl být uveden popis použitých experimentálních metod tak, aby byl postačující pro opakování pokusů. Měly by být uvedeny obecné i vědecké názvy rostlin. Je-li zapotřebí používat zkratky, je nutné při prvním použití zkratky uvést i její plný název. Je nezbytné používat jednotky odpovídající soustavě měrových jednotek SI. V části Výsledky by měla být přesně a srozumitelně prezentována získaná data a údaje. V kapitole Diskuse se obvykle získané výsledky konfrontují s výsledky dříve publikovanými. Je přípustné spojit část Výsledky a Diskuse v jednu kapitolu. Citování literatury v textu se provádí uvedením jména autora a roku vydání publikace. Při větším počtu autorů se uvádí v textu pouze první z nich a za jeho jméno se doplní zkratka „et al.“.

V části Literatura se uvádějí pouze publikace citované v textu. Měla by sestávat hlavně z lektorovaných periodik. Citace se řadí abecedně podle jména prvního autora: příjmení, zkratka jména, rok vydání, plný název práce, úřední zkratka časopisu, ročník, první a poslední strana. U knihy je uvedeno i místo vydání a vydavatel.

Tabulky

Tabulky jsou číslovány průběžně a u každé je uveden i nápis. Každá tabulka je napsána na jednom listu.

Obrázky

Jsou přiloženy jen obrázky nezbytné pro dokumentaci výsledků a umožňující pochopení textu. Současné uvádění stejných výsledků v tabulkách a na grafech není přijatelné. Všechny obrázky musí být vysoce kvalitní, vhodné pro reprodukci. Nekvalitní obrázky nebudou překreslovány, budou autorovi vráceny. Fotografie musí být dostatečně kontrastní. Všechny obrázky je třeba číslovat průběžně arabskými číslicemi. Jak grafy, tak i fotografie jsou označovány jako obrázky. Jestliže má být několik fotografií publikováno jako jeden obrázek, je třeba je vhodně uspořádat a nalepit na bílou podložku. U každého obrázku je nutné uvést jeho stručný výstižný popis.

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

CONTENTS

Mindáš J., Škvarenina J., Střelcová K., Priwitzer T.: Influence of climatic changes on Norway spruce occurrence in the West Carpathians.....	249
Malá J.: Micropropagation of mature elm trees <i>in vitro</i>	260
Lukáč T., Tajboš J., Koreň J.: Analysis of operational parameters of an LKT 81 Turbo Eko skidder	265
Buzek L.: The suspended load regime in the basin of the Upper Ostravice River (the Moravskoslezské Beskydy Mts.) above the Šance water reservoir in the years 1976–1988	275
Cukerová V., Šálka J.: Price and cost of wood production as a combined product	287
Polster P., Polsterová H.: Use of information entropy to define a mixed forest.....	298

OBSAH

Mindáš J., Škvarenina J., Střelcová K., Priwitzer T.: Vplyv klimatických zmien na výskyt smrek v oblasti západných Karpát	249
Malá J.: Mikropropagace dospělých stromů jilmů <i>in vitro</i>	260
Lukáč T., Tajboš J., Koreň J.: Analýza prevádzkových parametrov traktora LKT 81 Turbo Eko.....	265
Buzek L.: Plaveninový režim v povodí horní Ostravice (Moravskoslezské Beskydy) nad vodárenskou nádrží Šance v letech 1976–1998	275
Cukerová V., Šálka J.: Cena a náklady na výrobu dřeva ako združeného produktu.....	287
Polster P., Polsterová H.: Využití informační entropie pro určení smíšeného lesa.....	298