

# METEOROLOGICKÝ ČASOPIS

## METEOROLOGICAL JOURNAL

**2004**

ROČNÍK 7 - ČÍSLO 3

VOLUME 7 - NUMBER 3

SLOVENSKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV  
SLOVAK HYDROMETEOROLOGICAL INSTITUTE



## CONTENTS

<b>DERIVATION OF A NEW MEASURE OF ANGULAR DISPERSION FOR CIRCULAR VARIABLES USING A GEOMETRICAL DESCRIPTION</b> Pierre Sandre Farrugia, Alfred Micallef.....	111
<b>METEOROLOGICAL FACTORS INFLUENCING SOIL MOISTURE DYNAMICS AND AVAILABLE WATER SUPPLY IN OAK ECOSYSTEM</b> Ladislav Tužinský, Ivana Fašáneková.....	119
<b>AIR QUALITY ASSESSMENT OF BRATISLAVA AGGLOMERATION BASED ON PASSIVE MEASUREMENTS OF SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> AND BENZENE</b> Ľubor Kozakovič, Elena Karabinošová.....	125
<b>EMISSION INVENTORY OF GREENHOUSE GASES IN THE SLOVAK REPUBLIC</b> Janka Szemesová.....	133
<b>COMPARISON OF M-DAY DISCHARGES IN 1961-2000 AND 1931-1980 AT THE TERRITORY OF SLOVAKIA</b> Beáta Demeterová, Peter Škoda.....	137

## INFORMATION

<b>The visit of top representatives of US NOAA in Slovakia</b> Mária Mirtová.....	143
<b>Meteorological meetings in Nice</b> Pavel Šťastný.....	144
<b>Action programme for sustainable flood protection in the Danube River basin</b> Gabriela Babiaková, Martin Bačík.....	144
<b>The 20<sup>th</sup> ozone symposium</b> Anna Pribullová.....	147
<b>Fo recasts for new bridge building over the Danube River in Bratislava</b> Martin Benko.....	149
<b>The 2<sup>nd</sup> EUMETSAT workshop of press officers</b> Lucia Čizmaziiová.....	150
<b>Project REBECCA - the meeting of WP6 group</b> Miroslava Jonášová.....	150
<b>The 14<sup>th</sup> session of meteorological group EANPG ICAO</b> Cyril Kunzo.....	151
<b>Bioclimatological working days 2004</b> Jaroslav Škvarenina.....	151
<b>Air pollution workshop of CHMI</b> Ladislav Ronchetti.....	152
<b>Meteorological radar at Sahara border</b> Igor Strmiska.....	153
<b>Workshop on quality management in GHGs emission inventory</b> Janka Szemesová.....	153

<b>PERSONALS</b> .....	155
------------------------	-----

## OBSAH

<b>ODVODENIE NOVEJ GEOMETRICKEJ MIERY ANGULÁRNEJ DISPERZIE PRE KRUIHOVÉ PREMENNÉ</b> Pierre Sandre Farrugia, Alfred Micallef.....	111
<b>METEOROLOGICKÉ FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE DYNAMIKU PŮDNEJ VLHKOSTI A ZÁSOPY VYUŽITEĽNEJ VODY PRE DUBOVÝ PORAST</b> Ladislav Tužinský, Ivana Fašáneková.....	119
<b>ZHODNOTENIE KVALITY OVZDUŠIA AGLOMERÁCIE BRATISLAVA NA ZÁKLADE PASÍVNYCH MERANÍ SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> A BENZÉNU</b> Ľubor Kozakovič, Elena Karabinošová.....	125
<b>INVENTARIZÁCIA EMISÍ SKLENÍKOVÝCH PLYNOV V SLOVENSKEJ REPUBLIKE</b> Janka Szemesová.....	133
<b>POROVNANIE VYBRANÝCH M - DENNÝCH PRIETOKOV V OBDOBÍ 1961-2000 A 1931-1980 NA ÚZEMÍ SLOVENSKA</b> Beáta Demeterová, Peter Škoda.....	137

## INFORMÁCIE

<b>Návšteva predstaviteľov Národnej služby počas USA na Slovensku</b> Mária Mirtová.....	143
<b>Meteorologické podujatia v Nice</b> Pavel Šťastný.....	144
<b>Akčný program trvalo udržateľnej ochrany pred povodňami v povodí Dunaja</b> Gabriela Babiaková, Martin Bačík.....	144
<b>20. ozónové sympóziu</b> Anna Pribullová.....	147
<b>Hydrometeorologické zabezpečenie naplavenia piateho bratislavského mosta cez Dunaj</b> Martin Benko.....	149
<b>2. diskusný seminár tlačových pracovníkov EUMETSAT</b> Lucia Čizmaziiová.....	150
<b>Projekt REBECCA - stretnutie skupiny WP6</b> Miroslava Jonášová.....	150
<b>14. zasadanie meteorologickej skupiny pri EANPG ICAO</b> Cyril Kunzo.....	151
<b>Bioklimatologické pracovné dni 2004</b> Jaroslav Škvarenina.....	151
<b>Seminár pracovísk úseku ochrany ovzdušia ČHMÚ</b> Ladislav Ronchetti.....	152
<b>Meteorologický rádiolokátor na okraji Sahary</b> Igor Strmiska.....	153
<b>Pracovný seminár o manažmente kvality emisných inventúr skleníkových plynov</b> Janka Szemesová.....	153

<b>PERSONÁLIE</b> .....	155
-------------------------	-----

# DERIVATION OF A NEW MEASURE OF ANGULAR DISPERSION FOR CIRCULAR VARIABLES USING A GEOMETRICAL DESCRIPTION

PIERRE SANDRE FARRUGIA, ALFRED MICALLEF

Department of Physics, University of Malta, pierresandrefarrugia@yahoo.co.uk, alfred.micallef@um.edu.mt

*The periodicity and arbitrariness of the values of circular variables makes their statistical treatment different from that of linear variables. Hence it would be desirable to obtain a linearizing function that can adequately represent them. In this analysis a geometric measure will be presented that is intended to perform such a role. This function is applied in conjunction with concepts from linear statistics to develop new measures of angular dispersion. These measures are shown to describe angular dispersion in two orthogonal spatial directions. This constitutes an improvement over other existing measures of angular dispersion that account for angular dispersion only in one spatial dimension. It was also possible to extend the geometric measure to two-dimensional vectors, thus allowing the derivation of a measure of dispersion that accounts for variation both of the magnitude and the two-dimensional spatial directions for these variables.*

*Periodicita a možnosť voľby nulovej polohy kruhových premenných vyžaduje iné štatistické spracovanie ich hodnôt ako v prípade lineárnych premenných. Pre adekvátne vyjadrenie kruhových veličín je preto potrebné získať linearizovanú funkciu. V predloženej analýze sa navrhuje geometrická miera pre takúto prezentáciu. Táto funkcia, v spojení s postupmi z lineárnej štatistiky, umožnila odvodiť nové miery pre angulárnu disperziu. Tieto miery popisujú angulárnu disperziu v dvoch priestorových dimenziách. Oproti iným existujúcim mieram, ktoré uvažujú angulárnu disperziu len v jednej priestorovej dimenzii, je to významné zlepšenie. Túto geometrickú mieru bolo možné rozšíriť aj na dvojrozmerné vektory. To umožnilo odvodiť mieru disperzie, ktorá zohľadňuje zmeny veľkosti aj dvojrozmerného smeru uvažovaných premenných.*

**Key words:** Mediterranean depressions, synoptic climatology, cyclone origin

## INTRODUCTION

In the treatment of circular variables the usual definitions of statistics used for linear variables would not apply. The reasons for this are both qualitative and quantitative and can be found in the arbitrariness of the zero position and in the periodicity of the variable that requires the analyses to be confined within the interval  $0^\circ$  to  $2\pi^\circ$ , reducing the excess modulo  $2\pi^\circ$ . In addition the notion of high and low values would not apply.

As a reminiscence of linear variables, for a set of  $n$  angles  $\{\theta_i: 1 \leq i \leq n\}$ , Batschelet (1981) proposed his *angular variance* as a measure of angular dispersion. This he defined by,

$$s_1^2 = 2(1 - R), \quad (1)$$

where  $R$  (Equation 8) is the length to the centre of gravity of the set of angles. As an alternative, Mardia (1972) proposed his *circular variance*, defined by,

$$s_2^2 = 1 - R. \quad (2)$$

In addition considering that it should be possible for a measure of dispersion to go to infinity, Mardia (1972) proposed the following relation,

$$s_3^2 = -2\ln(R), \quad (3)$$

which he obtained from the wrapped normal distribution. Equation 3 can also be written as,

$$s_3^2 = -2\ln(1 - s_2^2). \quad (4)$$

Considering that  $R$  ranges from one, when all the angles are the same, to zero where there is substantial dispersion, this makes the length to the centre of gravity a measure of concentration. Hence  $-R$  becomes a measure of dispersion. However  $R$  is a measure of concentration only along an axis parallel to the vector to the centre of gravity and gives no possible indication of the concentration in other directions. Hence measures of dispersion based only on it are limited since the angles are two-dimensional entities.

In the analysis that will follow a linearizing function is sought by mapping the angles on a suitable line so as to

obtain a reasonable geometric measure. From such a geometric description it is possible to derive new measures of dispersion that account for the angular dispersion in two orthogonal directions.

## THEORETICAL DERIVATION

Before proceeding to the actual derivation, it is worth having an overview of the definitions that will be used. Consider a set of  $n$  angles  $\{\theta_i: 1 \leq i \leq n\}$ , taken in conformity with meteorological definition of the angle that aligns the  $x$ -axis and  $y$ -axis with the north and east direction respectively while the angle is measured clockwise from the  $x$ -axis. In this case a suitable way of finding a measure of the mean consists in mapping each angle ( $\theta_i$ ) to the point with polar coordinates  $(\theta_i, 1)$  i.e. on the circumference of a circle of unit radius called the *unit circle*. Each point is assigned a mass of equal value ( $M$ ). The vector to the centre of gravity ( $\mathbf{R}$ ) of the system is then calculated. The angle that this vector makes with the positive  $x$ -axis is considered to be the mean of the sample (Batschelet, 1981; Mardia, 1972).

The vector to the centre of gravity can be found by considering that the Cartesian components of the centre of gravity is the average of the Cartesian components of each point  $(\theta_i, 1)$ , given by  $(\cos(\theta_i), \sin(\theta_i))$  (Figure 1).

Let  $\bar{C}$  and  $\bar{S}$  be the average of the Cartesian components of the points  $(\theta_i, 1)$  of the sample along the  $x$ - and  $y$ -direction respectively. Then,

$$\bar{C} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \cos(\theta_i) \quad (5)$$

and

$$\bar{S} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sin(\theta_i), \quad (6)$$

and if  $R = |\mathbf{R}|$  then,

$$R = \sqrt{\bar{C}^2 + \bar{S}^2}. \quad (7)$$

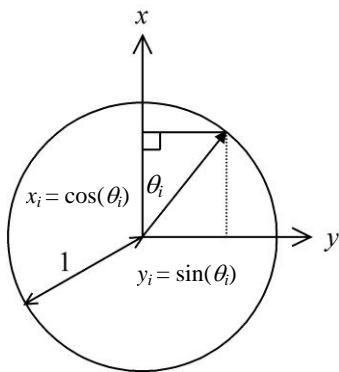


Figure 1. Each angle ( $\theta_i$ ) is mapped on the polar coordinates  $(\theta_i, 1)$ . The corresponding Cartesian coordinates would then be given by  $(\cos(\theta_i), \sin(\theta_i))$ .

Except for the case when  $\bar{C} = 0$  and  $\bar{S} = 0$ , giving  $\mathbf{R} = \mathbf{0}$ , the vector to the centre of gravity has a well-defined angle versus the positive  $x$ -axis. This is called the *mean angle of the sample* denoted by  $\theta_a$ , and is found using,

$$\theta_a = \begin{cases} \arctan(\bar{S}/\bar{C}) & \text{if } \bar{C} > 0 \\ \arctan(\bar{S}/\bar{C}) + \pi^c & \text{if } \bar{C} < 0, \end{cases} \quad (8a)$$

with the following exceptions,

$$\theta_a = \begin{cases} \frac{1}{2}\pi^c & \text{if } \bar{C} = 0 \text{ and } \bar{S} > 0 \\ 1\frac{1}{2}\pi^c & \text{if } \bar{C} = 0 \text{ and } \bar{S} < 0 \\ \text{undetermined} & \text{if } \bar{C} = 0 \text{ and } \bar{S} = 0. \end{cases} \quad (8b)$$

In addition if  $\theta_a$  is required between  $0^\circ$  and  $2\pi^c$ , then if  $\theta_a < 0^\circ$ ,

$$\theta_a = \theta_a + 2\pi^c. \quad (8c)$$

Consider now a rotation of the coordinate system by an angle  $\psi$ . The new angles would be given by  $\theta_i - \psi$ , while the new mean angle of the sample would be given by  $\theta_a - \psi$ , since the centre of gravity does not depend on the coordinate system. Hence letting  $\theta'_i = \theta_i - \theta_a$  the new mean angle would be  $\theta'_a = 0$  while the new Cartesian components of  $\mathbf{R}$  denoted  $\bar{C}'$  and  $\bar{S}'$  become,

$$\bar{C}' = R \quad (9)$$

and

$$\bar{S}' = 0. \quad (10)$$

Let the  $x'$ - and  $y'$ - axis be the new axis corresponding to the  $x$ - and  $y$ - axis. Then the above results could be expected since the new  $x$ -axis, the  $x'$ -axis, lies in the same direction of  $\mathbf{R}$  as illustrated in Figure 2.

Using these tools it is desired to establish a suitable geometric measure that can effectively linearizes the circular variables. This can be achieved by determining a suitable line on which to map them. The two most likely candidates are the  $x$ - and  $y$ - axis. From Figure 3, since the radius is taken to be unity then the arch length,  $s$ , is equal to the angle subtended by it.

Now the projection that the point  $(\cos(\theta_i), \sin(\theta_i))$  makes on the  $x$ -axis is given by  $1 - \cos(\theta_i)$ , while that on the  $y$ -axis is given by  $\sin(\theta_i)$ . Considering, the projection on the  $x$ -axis, this has a one to one relation with the arch length corresponding to the minimum angular distance from the "zero" angle, increasing with increasing arch length while this stretches along the whole diameter, as can be seen by drawing lines parallel to the  $y$ -axis. However the projection along the  $y$ -axis increases linearly with angle only up till  $\frac{1}{2}\pi^c$ , corresponding to half the diameter, and then decreases once again. This can be visualized by drawing lines parallel to the  $x$ -axis.

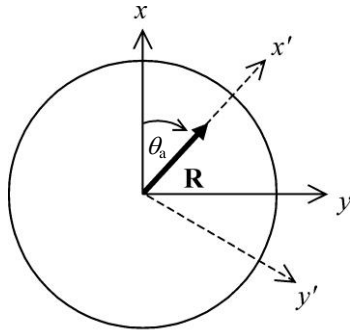


Figure 2. If the coordinate system is rotated through  $\theta_a$  (the mean angle of the sample) so that the new x-axis, the  $x'$ -axis, is aligned with  $R$ , the direction from the origin to the centre of gravity, then the new mean of the cosines and the sines of the angles will be given respectively by  $\bar{C}' = R$  and  $\bar{S}' = 0$ .

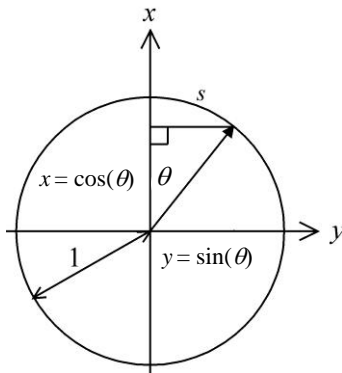


Figure 3. In the case of a unit circle the angle is equal to the corresponding arch length. Considering only the minimum angular distance from the “zero” angle, the projection of its arch length on the x-axis would then be given by  $1 - \cos(\theta)$ , while that on the y-axis is given by  $\sin(\theta)$ .

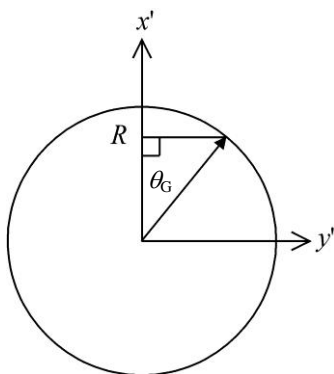


Figure 4. The mean of the projections on an axis that is rotated by the mean angle of the sample, the  $x'$ -axis, is given by  $1 - R$ , where  $R$  is the length of the vector to the centre of gravity. This defines a mean geometric angle given by  $\theta_G = \arccos(R)$ .

Hence the most suitable candidate is the projection along the x-axis. However we would like to use a coordinate system where the moments derived are minimized. So the

coordinate system is rotated by an angle  $\alpha$ . Then taking a general moment about a constant,  $a$ , this would be given by,

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [1 - \cos(\theta_i - \alpha) - a]^j = \quad (11)$$

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{k=0}^j (-1)^{j-k} \frac{j!}{k!(j-k)!} (1-a)^k \cos^{j-k}(\theta_i - \alpha)$$

where  $j$  is an integer. Taking the partial derivative with respect to  $\alpha$  and setting it equal to zero to find a minimum, gives,

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{k=0}^j (-1)^{j-k} \frac{j!}{k!(j-k)!} (1-a)^k \dots \dots (j-k) \cos^{j-k-1}(\theta_i - \alpha) \sin(\theta_i - \alpha) = 0 \quad (12)$$

If only the mean is considered then Equation 12 reduces to,

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sin(\theta_i - \alpha) = 0. \quad (13)$$

From Equation 10, Equation 13 is satisfied for  $\alpha = \theta_a$ , the mean angle of the sample. In addition, given that  $\cos^i(\phi)$  can be written as,

$$\cos^i(\phi) = \sum_{j=0}^i A_j \cos(j\phi),$$

and using,

$$\sin(\alpha) \cos(\beta) = \frac{1}{2} [\sin(\alpha + \beta) + \sin(\alpha - \beta)],$$

it follows that Equation 11 is minimum for  $\alpha = \theta_a$ , for any symmetric distribution since in this case all the sine trigonometric moments would be zero. It can thus be concluded that the line parallel to the vector towards the centre of gravity provide a suitable geometric measure. Such a measure would identify  $\theta_i$  with  $1 - \cos(\theta_i - \theta_a)$ . This would obviously not imply that the portability distribution of  $\theta_i$  and  $1 - \cos(\theta_i - \theta_a)$  are the same. It only provides a linearizing function for the angle so as to facilitate its mathematical manipulation and its statistical analysis.

Using this geometric measure, the first moment about zero or the mean would given be by,

$$1 - R. \quad (14)$$

It is no factual surprise that this is equal to Mardia's circular variance (Equation 2), since Mardia (1972) obtained this measure by first considering  $1 - \cos(\theta)$  as a monotonically increasing function of the minimum angular distance from the origin and then minimizing,

$$D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [1 - \cos(\theta_i - \alpha)], \quad (15)$$

with respect to  $\alpha$ . However in the case of this geometric measure,  $1 - R$  would correspond to a geometric mean angle,  $(\theta_G)$ , given by,

$$\theta_G = \arccos(R), \quad (16)$$

as can immediately be seen from Figure 4.

The meaning of this mean geometric angle can be understood by considering that it is a measure of the mean distance of the angles from the mean angle of the sample i.e. by identifying  $\theta_i - \theta_a$  with  $1 - \cos(\theta_i - \theta_a)$  rather than  $\theta_i$ . Making such a relation and referring to linear statistics, the mean geometric angle should correspond to the mean bias (MB) given by,

$$\text{MB} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X}), \quad (17)$$

where  $\{X_i : 1 \leq i \leq n\}$  constitute a random sample and  $\bar{X}$  is the mean of the sample. Or else considering that  $1 - \cos(\theta)$  is always positive, it can correspond to the mean absolute bias (MAB) given by,

$$\text{MAB} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|. \quad (18)$$

Both these quantities are considered in linear statistics as measures of dispersion but are usually discarded in favour of the standard deviation. Hence if  $\theta_i$  is identified with  $1 - \cos(\theta_i - \theta_a)$ , taking the first moment about the mean, corresponding to the variance of the projections, it would give,

$$s_C^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left\{ 1 - \cos(\theta'_i) - \left[ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n [1 - \cos(\theta'_j)] \right] \right\}^2. \quad (19)$$

On rearranging this becomes,

$$s_C^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left\{ \cos(\theta'_i) - \left[ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \cos(\theta'_j) \right] \right\}^2, \quad (20)$$

the biased variance of the cosines in the primed system. (The choice of using the biased variances has been made to simplify derivations.)

The physical significance of such a result can be understood if Equation 20 is rewritten using Equations 10 and 11, and the small angle identities, in the form,

$$s_C^2 = 1 - R^2 - s_S^2, \quad (21)$$

where  $s_S^2$  is the biased variance of the sines in the primed system given by,

$$s_S^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sin^2(\theta'_i). \quad (22)$$

Now  $s_S^2$  takes values from zero when all the points are along the vector to the centre of gravity, to one when all the points are along the  $y'$ -axis. (Obviously the upper value cannot be reached since the coordinate system is rotated by  $\theta_a$ .) Hence it is a measure of concentration along an axis perpendicular to the vector to the centre of gravity. This means that the  $s_C^2$  accounts for dispersion along two perpendicular axis. Thus due to its importance and the way it was derived,  $s_C^2$  shall be referred to as the *projection variance*. Here it is worth mentioning that  $s_C^2$  is independent of the initial coordinate system since it depends only on the direction towards the centre of gravity, which is an absolute quantity.

Note that in the limit of small dispersion  $s_S^2 \approx 0$  and  $R \approx 1 \Rightarrow R^2 \approx R$ . Thus in this limit the projection variance converges to Mardia's circular variance, i.e.

$$s_C^2 \approx 1 - R = s_1^2. \quad (23)$$

Considering  $s_S^2$ , Equation 21 is not the only place where it can be derived. Referring to Batschelet angular variance, this was obtained using the small angle approximation,

$$\cos(\theta - \theta_a) \approx 1 - \frac{1}{2}(\theta - \theta_a)^2. \quad (24)$$

However such an approximation does not take into account the fact that only the minimum angular distance of the angle  $\theta_i$  from  $\theta_a$ , denoted by  $\Delta(\theta_a)_i$ , where  $\Delta(\phi)_i$  is given by,

$$|\Delta(\phi)_i| = \min \{ |\theta_i - \phi| \bmod 2\pi, 2\pi - |\theta_i - \phi| \bmod 2\pi \},$$

with  $\Delta(\phi)_i > 0$  if  $\theta_a \leq \theta_i < \theta_a + \pi$ ,

$$\Delta(\phi)_i < 0 \quad \text{if } \theta_a - \pi < \theta_i < \theta_a, \quad (25)$$

and  $\Delta(\phi)_i = \theta_i - \theta_a$  if  $\Delta(\phi)_i = \pi$ ,

should be considered.

Now, since only the absolute value of  $\Delta(\phi)_i$  is needed, and this can be algorithmically implemented using  $\arccos(\cos(\theta_i - \phi))$ , it follows from the Taylor expansion of  $\arccos(x)$  that,

$$|\Delta(\theta_a)_i| = \frac{1}{2}\pi - \left[ \cos\theta'_i + \frac{1}{6}\cos^3\theta'_i + \frac{3}{40}\cos^5\theta'_i + \dots \right]. \quad (26)$$

Also, the Fourier series of  $|\Delta(\theta_a)_i|$ , obtained by plotting  $\arccos(\cos(\theta_i - \phi))$  against  $\phi$ , is given by given by,

$$|\Delta(\theta_a)_i| = \frac{\pi}{2} - \frac{4}{\pi} \sum_{j=0}^{\infty} \frac{\cos(2j+1)\theta'_i}{(2j+1)^2}, \quad (27)$$

while the Fourier series of  $\Delta(\theta_a)_i^2$ , is,

$$\Delta(\theta_a)_i^2 = \frac{\pi^2}{3} + 4 \sum_{j=1}^{\infty} \frac{(-1)^j}{j^2} \cos(j\theta'_i). \quad (28)$$

Considering these three expansions of  $|\Delta(\theta_a)_i|$ , the most rapid to converge is the Fourier series of  $|\Delta(\theta_a)_i|$  and repeating the same derivation Batschelet (1981) has used, employing this time a first order approximation from Equation 27 gives,

$$\begin{aligned} s_{B1}^2 &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\theta_i - \theta_a)^2 \\ &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta(\theta_a)_i^2 \\ &\approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{1}{4} \pi^2 - 4 \cos(\theta'_i) + \frac{16}{\pi^2} \cos^2(\theta'_i) \right) \\ &= \frac{1}{4} \pi^2 - 4R + \frac{16}{\pi^2} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (1 - \sin^2(\theta'_i)). \end{aligned}$$

Hence,

$$s_{B1}^2 = \left( \frac{1}{4} \pi^2 - 4R \right) + \frac{16}{\pi^2} (1 - s_S^2). \quad (29)$$

Similar expressions follow for the other two representations of the minimum angular distance. Adopting the first two terms of the Taylor expansion of  $|\Delta(\theta_a)_i|$  (Equation 28), the following relation will result,

$$s_{B2}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[ \frac{\pi}{2} - \cos(\theta'_i) \right]^2 = 1 + \frac{\pi^2}{4} - \pi R - s_S^2, \quad (30)$$

while using the first three terms of the Fourier series of  $\Delta(\theta_a)_i^2$  (Equation 28), yields,

$$\begin{aligned} s_{B3}^2 &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[ \frac{\pi^2}{3} - \cos(\theta'_i) + \cos(2\theta'_i) \right] \\ &= \frac{\pi^2}{3} + 1 - R - 2s_S^2. \end{aligned} \quad (31)$$

Thus in a much natural way  $s_G^2$  has emerged from more consistent approximations than that used by Batschelet to obtain Equation 1. The real problem with these equations is that they do not go to zero when all angles are the same i.e. for zero dispersion. However a corrective factor for Batschelet angular variance can be obtained by considering  $1 - \cos(\theta_i - \theta_a)$  as a linearizing function of  $(\theta_i - \theta_a)$ . In this case,

$$\begin{aligned} s_G^2 &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [1 - \cos(\theta_i - \theta_a)]^2 \\ &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 1 - 2 \cos(\theta_i - \theta_a) + \cos^2(\theta_i - \theta_a) \\ &= 1 - 2R + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [1 - \sin^2(\theta_i - \theta_a)]. \end{aligned}$$

Hence,

$$s_G^2 = 2(1 - R) - s_S^2 = s_1^2 - s_S^2. \quad (32)$$

Thus Equation 32 gives another reasonable measure of angular dispersion that accounts for dispersion again in two orthogonal spatial directions and since it was derived from a geometric measure it can be referred to as a *geometric variance*. It can also be noted that in the limit of small dispersion the geometric and Batschelet's angular variance will converge.

Now, considering the geometric standard deviation, this is practically the root mean square of the projections of the angle on the  $x'$ -axis, and as thus it retains a physical reference to a length. Hence it can be mapped back to the angles much like what has been done to obtain the mean geometric angle (Equation 16), giving,

$$s_{BMG} = \arccos(1 - s_G). \quad (33)$$

The only problem posed by the above equation is that it might not be possible to compute it if  $s_G$  exceed the value of two. In order to prevent such an eventuality it might be useful to take the root of the biased rather than the unbiased geometric variance. As for the projection standard deviation, there is no sense in trying to map it back since the variance of the  $1 - \cos(\theta_i - \theta_a)$  does not correspond to any physical length.

At this point it needs to be considered that according to Mardia (1972) it should be possible for the variance to diverge to infinity. This is the reason why he obtained Equation 4. However the projection variance has a maximum value of one while the geometric variance has a maximum of two.

Considering first the projection variance, in order to derive a measure that is related to  $s_C^2$  that diverges to infinity, the same procedure used by Mardia (1972) can be adopted and use of the wrapped normal distribution can be made. Now the characteristic function of this distribution is given by,

$$E[\exp(i\alpha\theta)] = \exp(-0.5\alpha^2\sigma_\theta^2), \quad (34)$$

where  $\alpha$  can be taken to be only an integer. Equating the real and imaginary parts gives,

$$E[\cos(\alpha\theta)] = \exp(-0.5\alpha^2\sigma_\theta^2), \quad (35)$$

and

$$E[\sin(\alpha\theta)] = 0. \quad (36)$$

Also, since the mean for a wrapped normal distribution is zero, the population parameter corresponding to  $s_C^2$ , denoted by  $\sigma_C^2$ , can be expressed as,

$$\sigma_C^2 = E[\cos^2(\theta)] - (E[\cos(\theta)])^2. \quad (37)$$

Hence, using Equation 35 in Equation 37 gives,

$$\begin{aligned} \sigma_C^2 &= E[\cos^2(\theta)] - (E[\cos(\theta)])^2 \\ &= E[0.5\{1 + \cos(2\theta)\}] - \exp(-\sigma_\theta^2) \\ &= 0.5E[1] + 0.5E[\cos(2\theta)] - \exp(-\sigma_\theta^2) \\ &= 0.5 + 0.5\exp(-2\sigma_\theta^2) - \exp(-\sigma_\theta^2). \end{aligned}$$

Rearranging yields,

$$\exp(-2\sigma_\theta^2) - 2\exp(-\sigma_\theta^2) + (1 - 2\sigma_C^2) = 0. \quad (38)$$

Equation 38 is a quadratic in  $\exp(-\sigma_\theta^2)$  and can be solved to give,

$$\exp(-\sigma_\theta^2) = 1 \pm \sqrt{2}\sigma_C, \quad (39)$$

where  $\exp(-\sigma_\theta^2) = 1 + \sqrt{2}\sigma_C$ , is not acceptable since  $\sigma_\theta \geq 0$  gives  $\exp(-\sigma_\theta^2) \leq 1$  while  $1 + \sqrt{2}\sigma_C \geq 1$ , gives  $\exp(-\sigma_\theta^2) \geq 1$ . Hence,

$$\begin{aligned} \exp(-\sigma_\theta^2) &= 1 - \sqrt{2}\sigma_C, \\ \sigma_\theta &= \sqrt{-\ln(1 - \sqrt{2}\sigma_C)}. \end{aligned} \quad (40)$$

Thus the resultant measure of dispersion would be,

$$s_{N1}^2 = -\ln(1 - \sqrt{2}s_C). \quad (41)$$

This equation can be viewed as an alternative to Equation 3 that accounts for dispersion in two orthogonal spatial directions as can be seen by rewriting it using Equation 21,

$$\sigma_\theta = \sqrt{-\ln\left[1 - \sqrt{2(1 - \rho^2 + \sigma_S^2)}\right]}, \quad (42)$$

where  $\rho$  is the population parameter corresponding to  $R$ .

Applying the same procedure to the geometric variance, and using  $\sigma_G^2$ , given by,

$$\sigma_G^2 = E[(1 - \cos(\theta))^2], \quad (43)$$

as the population parameter corresponding to  $s_G^2$ , will give the following relation,

$$0 = \exp(-2\sigma_\theta^2) - 4\exp(-0.5\sigma_\theta^2) + (3 - 2\sigma_G^2). \quad (44)$$

This unfortunately does not seem to have a simple solution.

The next step is to extend the concept of geometric measure to two dimensional vector variables. These can be considered as circular variables that have an associated magnitude. An example would be the wind. In this case it is possible to obtain a measure of dispersion analogous to the projection and geometric variance. It would be just a matter of "vectorizing" the statistics used.

Now for vector variables it is not easy to find a suitable point on the  $x$ -axis from which to take distances. However the real important thing about such a point would be that it is a constant. So let this point be  $r_V$ . Hence the projection on the  $x$ -axis becomes  $r_V - V_i \cos(\theta_i)$ , where  $V_i$  is the magnitude associated with the angle  $\theta_i$ . Repeating the same procedure as for circular variables, the equivalent minimization property given by Equation 13 becomes,

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i \sin(\theta_i - \alpha) = 0. \quad (45)$$

This condition is met when  $\alpha$  is equal to the angle the mean vector makes to the positive  $x$ -axis, denoted by  $\theta_V$ . This is found just like in the case of the vector to the centre of gravity for circular variables and is given by,

$$\theta_V = \arctan \left( \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i \sin(\theta_i)}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i \cos(\theta_i)} \right), \quad (46)$$

using the same algorithm given by Equation 8. In fact  $\theta_V$  is simply the weighted equivalent of  $\theta_a$  that can thus be referred to as the *weighted mean angle of the sample*.

If the coordinate system is rotated by  $\theta_V$ , and the new  $x$ - and  $y$ - axis are labelled as the  $u$ - and  $v$ - axis respectively, then equating  $V_i$  with  $r_V - V_i \cos(\theta_i)$  the biased variances of the projections on the diameter parallel to the mean vector, denoted by  $s_{V_u}^2$ , would be given by,

$$\begin{aligned} s_{V_u}^2 &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left\{ V_i \cos(\theta_i - \theta_V) - \left[ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n V_j \cos(\theta_j - \theta_V) \right] \right\}^2 \\ &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i^2 - s_{V_v}^2 - |\bar{V}|. \end{aligned} \quad (47)$$

where  $|\bar{V}|$  is the magnitude of the mean vector given by,

$$\begin{aligned} |\bar{V}| &= \sqrt{\left[ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n V_j \cos(\theta_j) \right]^2 + \left[ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n V_j \sin(\theta_j) \right]^2} \\ &= \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n V_j \cos(\theta_j - \theta_V), \end{aligned} \quad (48)$$



and  $s_{v_v}^2$  is the variance of the components of the wind along the  $v$ -axis,

$$s_{v_v}^2 = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n V_j^2 \sin^2(\theta_j - \theta_v). \quad (49)$$

As for the geometric variance, this cannot be easily extended to the set of two-dimensional vectors. The reason for this is  $r_v$ , which in this case needs to be known. In order to find a reasonable value for it use can be made that variance need to be a minimum for this number. Hence differentiating with respect to  $r_v$  the second moment about zero and setting it equal to zero gives,

$$\frac{2}{n} \sum_{i=1}^n [r_v - V_i \cos(\theta_i - \theta_v)] = 0. \quad (50)$$

Equation 50 is satisfied for  $r_v = |\bar{V}|$ . Hence substituting yields,

$$\begin{aligned} s_{v_{ecG}}^2 &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [|\bar{V}| - V_i \cos(\theta_i)]^2 \\ &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i^2 - s_{v_u}^2 - |\bar{V}|^2. \end{aligned} \quad (51)$$

This is analogous to Equation 47, and hence the two different approaches give the same result, which can thus be indistinctly referred to as the *vectorial projection* or *geometric variance*. The real important thing about the outcome is that by analogy with what has just been done for circular variables this measure of dispersion accounts for the angular dispersion in two orthogonal spatial directions, much like the projection and the geometric variance, as well as reflecting the variation of the associated magnitude.

## CONCLUSION

The analysis just conducted showed that measures of dispersion that depend only on  $R$  describe angular variation in only one direction. Subsequently a linear geometric measure, given by  $1 - \cos(\theta_i - \theta_a)$ , was developed as a suitable linearizing function that can be used either for the angle,  $(\theta_i)$ , or the minimum angular distance of the angle from the mean angle of the sample  $(\theta_i - \theta_a)$ . It was thus possible to derive two new measures of angular dispersion. The first was termed the projection variance, ( $s_c^2$ ), and was obtained by considering  $1 - \cos(\theta_i - \theta_a)$  as the linearizing function of  $(\theta_i)$  and equating the angular dispersion with that of the linearizing function. It was also shown that  $s_c^2$  is related to Mardia's circular variance in the limit of low dispersion.

A second measure of dispersion, the geometric variance, ( $s_G^2$ ), was obtained by considering the linearizing

function  $1 - \cos(\theta_i - \theta_a)$  as a measure of the distance from the mean angle,  $(\theta_i - \theta_a)$ . The novelty of these two statistics is that they account for dispersion in two orthogonal spatial directions by using  $R$  and  $s_s^2$ .

It was also possible to extend the notions of the projection and geometric variance to two-dimensional vectors. In both cases the end product was the same. Again the importance of the vectorial projection or geometric variance is given by the fact that it is able to account both for angular dispersion in two orthogonal spatial directions as well as for the variation of the magnitude.

An attempt to discriminate between these two statistics would indicate the geometric variance as the most suitable analogue to the variance used in linear statistics. In addition it was also possible to map it back onto the angles. However the projection variance seems to be more mathematically malleable. In fact it was only for  $s_c^2$  that it was possible to obtain a simple relation that mapped it to a statistic that can go to infinity, a requirement that was considered necessary by Mardia (1972). Besides this, unlike for the projection variance, in the case of the geometric variance in order to extend it to vectors an adequate reference point from where to take distances was required. Even though the length of the mean vector seems to provide a reasonable solution for the second moment about zero of  $r_v - \cos(\theta_i - \theta_v)$  this does not mean that this value will be adequate for every moment and care should be taken if it is used. Thus it is possible that the validity of each measure will depend on the situation being considered.

A further result of the geometric measure obtained was to provide a duly seating for previously unrelated measures of dispersion. It emerges that Mardia's circular variance is more clearly related to the mean bias and the mean absolute bias than to the standard deviation. As for Batschelet's angular variance this becomes an approximation of the geometric variance. The reason why it did not provide the term corresponding to the dispersion in a direction perpendicular to that of the vector to the centre of gravity can be attributed to the fact that in its derivation no consideration was given to the necessity of considering the minimum angular distance and not the simple distance. Accounting for this produced measures of dispersion that once again considered variation in two orthogonal spatial directions. Unfortunately the use of such a statistics is limited by the fact that they do not give a zero value for the case where all the angles were the same. However, analyzing  $s_G^2$  reveals that it basically normalizes the coefficients of  $R$  and  $s_s^2$ , so as to give a zero value for zero angular dispersion.

## REFERENCES

- Batschelet, E., 1981, *Circular Statistics in Biology* (Academic Press, New York).  
Mardia, K.V., 1972, *Statistics of Directional Data* (Academic Press, New York).



# METEOROLOGICAL FACTORS INFLUENCING SOIL MOISTURE DYNAMICS AND AVAILABLE WATER SUPPLY IN OAK ECOSYSTEM

LADISLAV TUŽINSKÝ<sup>1</sup>, IVANA FAŠÁNEKOVÁ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Technical University in Zvolen, Faculty of Forestry, T. G. Masaryka 24, 960 54 Zvolen, Slovakia, tuzinsky@vsl.d.tuzvo.sk

<sup>2</sup> Slovak Hydrometeorological Institute, Observatory Mochovce, Slovakia, ivana.fasanekova@shmu.sk

*The paper deals with the water regime in the luvisol of the oak forest stand in relation to the main meteorological characteristics, especially air temperature and precipitation. Long-term research (since 1980) shows that the soil moisture course and available water supply is mainly influenced by microclimate, soil water – air characteristics and by the transforming influence of the forest stand. A high supply of the soil water is recorded especially in winter and during periods between winter and spring. Capillary movable water prevails in the soil with a very good supply of available water for plants. The most clear dynamics of soil moisture are recorded in the so-called existence interval of the soil moisture (between hydrolimits of MCC and WP) during the growing season. The soil water supply gradually decreases with increasing consumption of water by plants for evapotranspiration. The highest drying off of the soil profile is recorded in summer and after longer lasting dry periods. The available water supply decreases to the category of capillary non-movable water or the insufficient water supply is characteristic especially for the upper half of the physiological soil profile (0-50 cm).*

*V príspevku sa pojednáva o vodnom režime v luvizemi pod dubovým porastom vo vzťahu k základným meteorologickým prvkom, osobitne teplote a zrážkam. Z výsledkov dlhodobého výskumu (od roku 1980) vyplýva, že priebeh vlhkosti pôdy a zásob využiteľnej vody je v hlavnej miere ovplyvnený mikroklimom, vodno-vzdušnými vlastnosťami pôdy a transformujúcim vplyvom lesného porastu. Vysoké zásoby pôdnej vody sú v zimných mesiacoch a v období medzi zimnými a jarnými mesiacmi. Prevláda kapilárne pohyblivá voda s veľmi dobrou zásobou využiteľnej vody pre rastliny. Najvýraznejšia dynamika vlhkosti pôdy s hodnotami v existenčnom intervale vlhkosti (medzi hydrolimitmi MKK a BV) je vo vegetačnom období. Z dobrej zásoby využiteľnej vody na začiatku vegetačného obdobia sa so zvyšujúcou spotrebou vody na evapotranspiráciu zásoba vody postupne znižuje. K najväčšiemu vysušeniu dochádza v letných mesiacoch a po dlhšie trvajúcich suchých obdobiach. Pokles zásob vody do kategórie kapilárne nepohyblivej s nízkou, resp. nedostatočnou zásobou využiteľnej vody zasahuje v najväčšej miere hornú polovicu fyziologického profilu pôdy (0-50 cm).*

**Key words:** forest stand, soil moisture, available water, hydrolimits

## INTRODUCTION

Long lasting research of the soil moisture characteristics in the forest ecosystems of the lowest forest altitudinal zones shows that the most significant factors influencing the forest health condition are hydrothermal extremes. These are connected especially with changing climate resulting from greenhouse gas emissions. The increase of the greenhouse gases absorbing thermal radiation from the Earth results in a global increase in temperature. The increase in temperature and other accompanying changes such as evapotranspiration increase, changes in precipitation totals as well as their structure and distribution, change the ecological characteristics of the environment, especially the water regime to a significant degree. Under a longer lasting influence these changes can result in physiological

weakening of the vegetation when its resistance gradually decreases and at the same time all its defensive reactions reduce.

## CHARACTERISTICS OF THE RESEARCH PLOTS AND RESEARCH METHODIC

The research plot in Čifáre (Forest Management Unit of Čifáre, Forest Enterprise Levice) lies in the Kozmálovské hills (48°14', 18°24', altitude 170 m).

From the climate point of view this research plot lies in the warm region with 60-70 summer days. The average yearly temperature is about 9 °C, and during the growing season 16 °C, the annual precipitation total is about 550 mm, during the growing season 290 mm (Table 1).

**Table 1. Main climatic characteristics.**

	Air temperature [°C] Nový Tekov 1931-1960	Precipitation [mm] Čifáre 1931-1960
November	4.7	57
December	0.1	46
January	-2.5	38
February	-1.5	39
March	4.2	35
April	10.2	35
May	15.0	53
June	18.1	62
July	20.3	56
August	19.5	52
September	15.6	33
October	9.7	48
Year	9.5	554
Growing season	16.4	291

**Table 2. Hydrophysical characteristics of the soil.**

Characteristics	Soil depth [cm]					Σ [mm]
	0-10	20-30	40-50	70-80	90-100	
Bulk density [g.cm <sup>-3</sup> ]	2.41	2.49	2.54	2.57	2.58	-
Weight volume [g.cm <sup>-3</sup> ]	1.31	1.40	1.45	1.49	1.52	-
Porosity [%]	50.3	47.8	43.5	41.8	41.6	-
MCC <sup>1</sup> [%]	36.7	36.0	33.8	32.8	30.5	334.2
PLA <sup>2</sup> [%]	30.3	27.7	25.3	24.5	24.0	254.9
WP <sup>3</sup> [%]	11.8	11.0	10.5	10.9	11.0	109.3

<sup>1</sup> maximal capillary capacity, <sup>2</sup> point of limited availability, <sup>3</sup> wilting point

**Table 3. Available water supply [mm] (Kutílek, 1988).**

Soil layer 0-20 cm		Soil layer 0-100 cm	
good water supply	> 40	very good	> 160
sufficient	20-40	good	130-160
insufficient	< 20	sufficient	90-130
		low	60-90
		very low	< 60

The research plot is in the first forest altitudinal zone, typologically it belongs to the *Carpineto-Quercetum* forest type. As for the tree composition the sessile oak [*Quercus petraea* (Mattusch.) Liebl.] covers 100 %. The average age of the forest stand is 90 years (1995), canopy 90 %, stocking 0.7. Vegetation cover is 90 %.

The soil is physiologically deep, very acid (towards the deeper soil layer acid), in the root zone of the oak strongly leached, gleic, illimerized, with low humus supply from the loess clay. The richest root mass reaches to a depth of 50 cm, in deeper layers having less active roots.

Hydrophysical characteristics of the soil are the most favourable in the upper layers of the soil (Table 2).

The soil moisture was measured over decade intervals using the gravimetrical method. Soil samples were gathered using soil boring to a depth of 100 cm from each 10 cm layer in 3-5 repeating or they were mixed from 5 different sample places. The actual soil moisture was determined from these soil samples after they were dried at 105 °C and it was expressed in weight % or volume %.

As for the hydrophysical characteristics the maximal capillary capacity (MCC) was determined according to Novák (in Klika et al. 1954), the point of limited availability (PLA) and the wilting point (WP) according to Drbal (1965).

Climatic characteristics were used from measurements at the meteorological stations in Čifáre and Mochovce (SHMI Bratislava).

The water balance was determined using the following equation:

$$W_1 + R = P_v + R_s + E_t + W_2, \quad [\text{mm}]$$

where

W<sub>1</sub> - soil water amount at the beginning of the observed season

R - precipitation amount

P<sub>v</sub> - vertical seepage to subsoil layers

R<sub>s</sub> - surface run-off

E<sub>t</sub> - evapotranspiration

W<sub>2</sub> - soil water amount at the end of the observed season

Precipitation passing through the tree crown layer was gathered in zinc vessels with the catchment area of 2000 cm<sup>2</sup>, using 5 repeating. These vessels were placed in a cross shape on the research plot.

The stem flow was observed using manger from lead attached to the tree trunk.

Precipitation seepage through the herb layer and humus layer was measured at a depth of 20, 50, and 100 cm using lysimeters with a catchment area of 343 cm<sup>2</sup>.

Water consumption for evapotranspiration was calculated from the beginning and end supply of water with respect to other components of the water balance (water seepage, surface run-off, interception).

The water amount available to plants was calculated by subtraction of non-available water from the actual water amount. The limit between the physiologically available water and non-available water was the value of the wilting point hydrolimit. The available water supply (Table 3) was evaluated according to Kutílek (1988). The ecological classification of the water regime was determined according to the same author (Kutílek, 1971).

## RESEARCH RESULTS AND DISCUSSION

The water regime at the Čifáre research plot has been carried out since 1980 (Tužinský 1990, 1998). Site factors influencing the water regime development the most are considered to be microclimate and water-air characteristics of the forest soil. During our research several hydrological years and growing seasons have changed differentiating in precipitation totals and temperature characteristics. Often high air temperatures and increased water consumption for evapotranspiration were observed. Unfavourable conditions as for the microclimate and bioclimate regime are presented as warming up of the upper layers of the soil. This results in significant dynamics of the soil moisture in upper layers of the soil profile and fast drying off that consequently cause physiological defects of the plant associations.

**Table 4.**  
**Main climatic characteristics over the growing seasons (Čifáře-Mochovce).**

Characteristics	Growing season	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Growing season
Air temperature [°C]	1992	10.6	15.7	19.2	21.3	24.9	15.3	17.8
	1995	10.8	16.1	18.8	17.9	19.0	11.4	15.7
	1997	6.8	15.6	18.3	18.6	20.3	15.2	15.8
Sum of air temperatures over 5 °C	1992	312.5	486.6	576.5	659.2	770.9	465.4	3271.1
	1995	272.9	437.3	520.6	703.7	603.3	411.9	2949.7
	1997	177.4	483.8	550.5	575.5	629.3	455.9	2782.4
Sum of air temperatures over 10 °C	1992	200.5	486.6	576.5	659.2	770.9	465.4	3159.1
	1995	234.7	394.4	520.6	703.7	593.7	378.4	2825.5
	1997	111.0	445.9	550.5	575.5	629.3	455.9	2768.1
Sum of air temperatures over 15 °C	1992	68.4	334.5	576.5	659.2	770.9	265.4	2674.9
	1995	89.5	175.0	480.9	703.7	561.2	171.1	2171.4
	1997	–	321.5	480.3	518.2	586.3	245.9	2152.2
Precipitation [mm]	1992	37	21	76	27	4	32	197
	1995	82	84	114	15	68	65	428
	1997	46	49	65	109	17	13	299
Number of days with precipitation	1992	10	6	13	9	3	7	48
	1995	11	16	12	2	11	12	64
	1997	12	13	13	16	8	4	66
< 1 mm	1992	4	2	5	3	2	3	19
	1995	4	7	1	–	4	2	18
	1997	2	2	3	4	3	–	14
> 5 mm	1992	3	2	5	2	–	3	15
	1995	1	3	3	–	3	6	16
	1997	3	2	6	7	1	1	20
> 10 mm	1992	2	1	2	–	–	2	7
	1995	3	2	4	1	2	2	14
	1997	1	1	1	3	–	–	6

Water-air conditions as one of the most significant factors of a favourable soil moisture state are partially worsened at our research plot owing to the presence of an illuvial horizon, especially for the middle layers of the soil profile. A low humus content and gradual eluviations of clay parts leads to soil compression. In dry periods soil parts harden, the volume weight increases and this results in a decrease of the porosity and decrease of non-capillary pores volume.

The forest soil water regime in this paper is being analysed on the basis of different climatic characteristics during the growing seasons of 1992, 1995, and 1997 (Table 4).

The growing season 1992, compared to the long-term average, was warmer by 1.4 °C and below normal for the precipitation total (67.6 %). August was extremely hot (+ 5.4 °C) and dry (17 mm). A small precipitation deficit was recorded also in September (32 mm). Lower air temperatures characterise the growing season 1995 by 0.7 °C. Low temperatures were recorded especially in July (compared to the long term average being lower by 2.4 °C) and September (- 4.2 °C). As for the precipitation totals this growing season can be characterised as above average (147 % of the long term average), except for July (15 mm = 26.7 %). In the growing season 1997 the air temperature was lower by 0.6 °C and the precipitation total was average (102.7 %). A precipitation deficit was recorded in August (17 mm = 32.7 %) and September (13 mm = 39.3 %).

The soil moisture course in the upper layers (0-20 cm) and in the whole physiological profile of the soil (0-100 cm) is presented on Figures 1, 2, and 3. As we can see the water supply in the upper layers of the soil profile at the beginning of the hydrological year varies between hydrolimits of the point of diminished availability and the wilting point. The water supply in the whole physiological profile of the soil varies between hydrolimits of the maximal capillary capacity

and the point of limited availability according to the normal soil moisture stratification (the soil moisture increases with the increasing soil depth). In relation to the soil potential, hydrolimits, water availability and movability (Kutílek, 1988) this means that usually the upper layers of the soil profile are filled by water that is capillary non-movable with a decreased availability for plants. Deeper soil horizons are filled by water that is capillary easily or mediately movable and available for plants. In the case of excessive soil drought (especially in summer and absence of precipitation activity) the soil water is capillary hardly movable with a decreased availability for plants at the beginning of the hydrological year.

A good supply of water as for the whole physiological profile of the soil was recorded in winter when the soil moisture varies between the hydrolimits of the full water capacity and the maximal capillary capacity (uvidic soil moisture interval) or between the hydrolimits of the maximal capillary capacity and the point of limited availability (semiuvidic interval of the soil moisture). At this period the water is capillary movable and easily accessible for plants. The highest supply of the soil water was observed in the period between winter and spring. This fact reflects the high infiltration of precipitation water to the soil and a good supply of water from thawing in the upper layers of the soil profile. Infiltrating gravitational and capillary movable water supply deeper horizons of the physiological soil profile, thus the water category changes to the water with good availability for plants and is easily capillary movable. An intensive decrease in soil moisture was recorded in the first decade of May. In this season the air temperature gradually increases which creates good conditions for increased water consumption for evapotranspiration. In a relatively short time the water supply decreases from the capillary easily movable water to the category of capillary hardly movable water

with a decreased availability for plants. The dry period culminates in summer (July, August) and after a longer lasting drought it can last till September. The soil water supply varies between hydrolimits of the point of limited availability and the wilting point (semiarid interval of the soil moisture) in this time. This means capillary non-movable water and with a difficult availability for plants.

As extraordinarily dangerous we regard the occurrence of dry periods that come mostly during the summer months featuring the peak of drying-up (Table 5). A precipitation deficit and high air temperatures resulting in soil moisture changes are common for this time. The soil moisture usually varies between hydrolimits of the point of limited availability and the wilting point (semiarid interval of the soil moisture). From the physiological point of view this means that the water supply varies between categories of capillary movable and capillary very difficulty movable water. This means that water supply is good (130 mm) or very good (< 160 mm).

Figure 1. Water supplies [mm] during the hydrological year 1991-1992 in the soil layer of 0-20 cm and 0-100 cm.

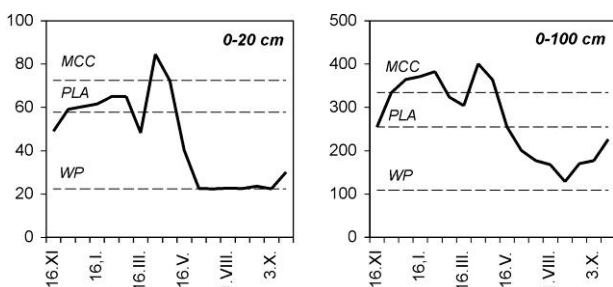


Figure 2. Water supplies [mm] during the hydrological year 1994-1995 in the soil layer of 0-20 cm and 0-100 cm.

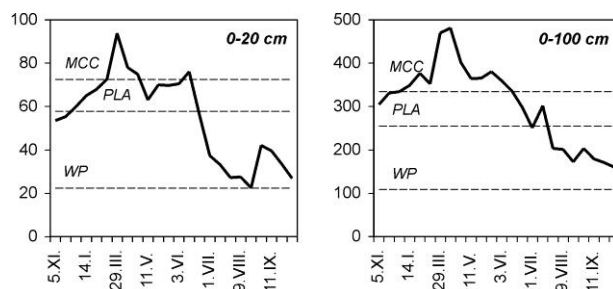


Figure 3. Water supplies [mm] during the hydrological year 1996-1997 in the soil layer of 0-20 cm and 0-100 cm.

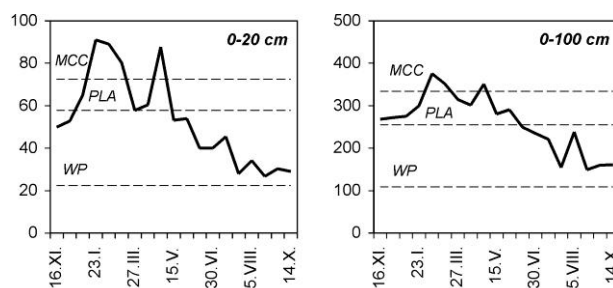


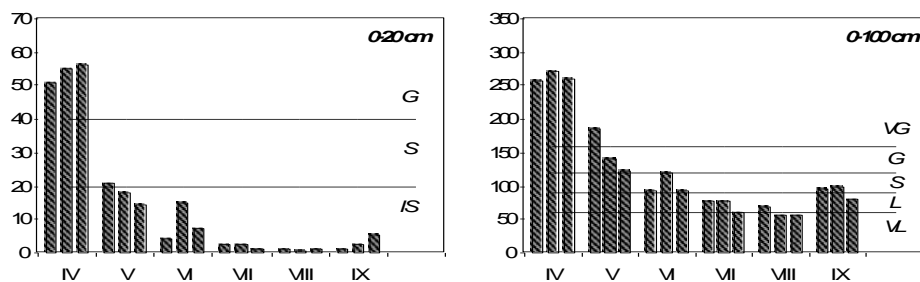
Table 5. Water supply during the dry periods of the growing season.

Season	Water supplies [mm]		Available water supplies		Intervals of soil water		
	0-20 cm	0-100 cm	0-20 cm	0-100 cm	0-20 cm	0-100 cm	
1984	30.6	39.2	183.2	15.7	73.9	SA	SA
	9.9	20.8	139.4	7.3	30.1	SA	SA
1986	13.6	46.3	237.2	22.8	127.9	SA	SA
	18.7	23.1	161.7	0	52.4	A	SA
1987	21.6	38.8	268.5	15.3	159.2	SA	SU
	31.7	20.1	170.4	0	61.1	A	SA
1988	1.7	40.1	242.4	16.6	133.1	SA	SA
	31.7	21.1	169.2	0	59.9	A	SA
1988	5.8	40.2	200.7	20.7	191.4	SA	SA
	20.8	19.1	148.7	0	39.4	A	SA
1989	1.9	43.5	181.4	20.0	72.1	SA	SA
	30.9	27.0	164.8	3.5	55.5	SA	SA
1990	11.7	68.1	223.9	44.6	114.6	SU	SA
	31.8	22.0	159.9	0	50.6	A	SA
1991	2.8	31.6	216.1	8.1	106.8	SA	SA
	16.9	18.1	156.1	0	46.8	A	SA
1992	14.7	22.6	231.9	0	112.6	A	SA
	31.8	18.1	169.1	0	59.8	A	SA
1993	28.7	24.4	206.4	0.9	97.1	SA	SA
	22.8	19.7	161.7	0	52.4	A	SA
1994	14.7	28.7	233.0	5.2	123.7	SA	SA
	11.8	21.7	156.9	0	47.6	A	SA
1995	3.7	53.7	291.8	30.2	182.5	SA	SA
	21.8	23.6	179.4	0.1	70.1	SA	SA
1997	22.7	46.1	217.9	23.6	108.6	SA	SA
	30.9	29.1	168.2	5.6	58.9	SA	SA
1999	23.7	78.5	345.9	55.0	236.6	SU	U
	15.8	48.9	214.8	25.4	105.5	SA	SA
1999	17.8	48.9	214.8	25.4	105.5	SA	SA
	30.9	18.9	122.4	0	13.1	A	SA
2000	1.8	37.7	163.3	14.2	54.0	SA	SA
	15.9	20.1	127.2	0	17.8	A	SA
2001	1.6	39.3	217.5	15.8	108.2	SA	SA
	30.6	23.1	141.3	0	32.2	A	SA
2002	17.6	34.9	241.2	11.4	131.9	SA	SA
	12.7	23.1	159.1	0	49.8	A	SA

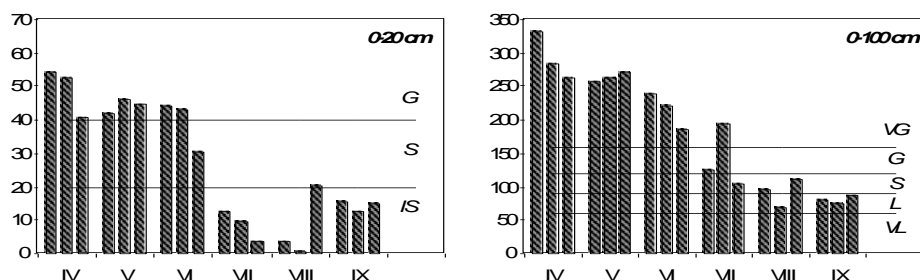
Intervals of soil water: A-arid (<WP), SA-semiarid (WP-PLA), SU-semiuidic (PLA-MCC), U-uidic (>MCC)

The available water supply is very variable during the growing season. The most excessive changes are recorded especially in the upper layers of the soil profile. During the growing season 1992 (Figure 4) an insufficiently available water supply was recorded in these layers. Especially low values were recorded for the second half of this growing season. Although, in spite of these unfavourable conditions a physiological weakening of the ground cover was not observed. The main reason for this is stratification of the soil moisture with higher supplies in the deeper horizons of the soil and its supply by capillary rise to the upper layers of the soil. In the growing season 1995 (Figure 5) an insufficient supply of soil water was observed in the upper layers of the soil profile during the second half of the growing season. This was caused by an increased consumption of water for evapotranspiration that could reach high values (> 5 mm.day<sup>-1</sup>) when the water supply is good and the air temperature increases. A permanent decrease of available water in the whole physiological profile of the soil was recorded after a dry and warm period in July (15 mm). A water deficit is supplied by the reduction of transpiration (Střelcová, Matejka, Mindáš, 2002; Střelcová, Matejka, Kučera, 2003) increase of the root's sucking power, changes in the growth, etc. (Pichler, 2003).

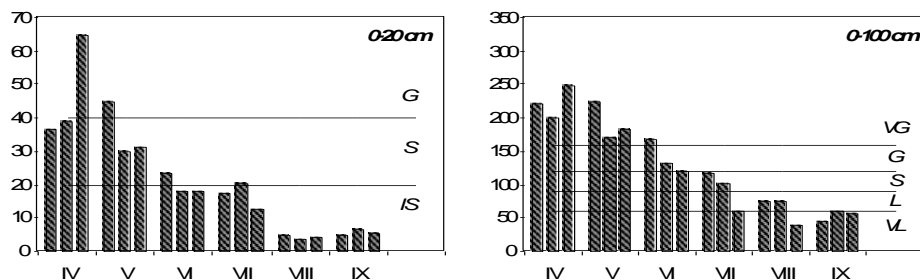
**Figure 4.**  
Physiologically available water [mm] during the growing season 1992 in the soil layer 0-20 cm and 0-100 cm.



**Figure 5.**  
Physiologically available water [mm] during the growing season 1995 in the soil layer 0-20 cm and 0-100 cm.



**Figure 6.**  
Physiologically available water [mm] during the growing season 1997 in the soil layer 0-20 cm and 0-100 cm.



VG - very good, G - good, S - sufficient, IS - insufficient, L - low, VL - very low

A gradual decrease of available water is clear from Figure 6 showing the 1997 growing season. The upper layers of the soil disposed by sufficient water supply (except for the 3<sup>rd</sup> decade is a period of April and the 1<sup>st</sup> decade of May). From the 2<sup>nd</sup> decade of June the water supply was insufficient. The water supply recorded in August was critical when it decreased to the area of low or very low water supply in the whole physiological profile of the soil.

Unsuitable physical and hydrological conditions can lead to a decrease in the soil drainage ability. Gravitational water seepage on our research plot is partially reduced by the presence of a compact clay horizon. This means that most of the atmospheric precipitation water takes part only in the upper layers of the physiological soil profile. The infiltration of water can be possible owing to small crevices created after the soil contracts in dry periods or in the root zone.

The highest decrease in the available water supply was recorded in summer in the upper and middle layers of the soil profile. Here the temperature and precipitation influence as well as the influence of root desuction is displayed the most. In dry periods the dynamics of the available water is usually unfavourable, its supplies are low (60-90 mm) or even very low (< 60 mm) after a longer lasting dry period. In the upper layers of the soil the value can vary between

0 to 20 mm meaning an even insufficient supply (< 20 mm) of available water for plants. Herb and grass cover is dependent on water supply from upper layers of the soil profile. Trees whose root system is not able to consume water from deeper layers of the soil gradually weaken from their physiological point of view (spruce). Oak, which is the prevailing tree species at our Čifáře research plot, has better developed root systems and thus it reacts more slowly to changes of the water regime.

## CONCLUSION

Luvisol in Čifáře is characteristic for its horizon alternations with different physical characteristics. From the hydrophysical point of view it is an illuvial horizon differentiated as to the texture, more compact and thus less permeable for water. The soil moisture regime character is also influenced by the forest ecosystem. At the beginning of the hydrological year the soil water varies between hydrolimits of the PLA and WP. In winter the soil moisture varies between hydrolimits of the MCC and PLA. During a season lacking enough precipitation activity the soil moisture can decrease to the semiarid interval of the soil moisture (PLA-WP).

During the growing season the water amount varies in the interval between hydrolimits of the MCC and WP. In seasons with average or below average precipitation totals during the growing season the water supply decreases with air temperature increase. The presence of warm and rainless days characterized by high water consumption for evapotranspiration ( $> 5 \text{ mm}\cdot\text{day}^{-1}$ ) is the main reason for an intensive drying off process of soil horizons with the maximal mass of active roots. In the upper 0-20 cm soil layer the physiologically available water supplies can be low or very low ( $< 20 \text{ mm}$ ) during the growing season. For the whole soil profile (0-100 cm) the low or very low ( $< 90 \text{ mm}$ ) water supply of physiologically available water is characteristic, especially in summer (July, August) and usually it does not affect the whole physiological profile (only up to the 60 cm depth). In a dry season even the deepest horizons of the soil ( $> 80 \text{ cm}$ ) have only low physiologically available water supply. These deeper layers, compared to the upper and middle layers of the soil (0-50 cm) perform reduced water cycles due to atmospheric precipitation and desuction by roots.

#### Acknowledgement

The research was partially supported by finance from the project No. 1/0635/03, No. 1/9264/02 and No. 1/9207/02.

#### REFERENCES

- Drbal, J., 1965, *Practical of amelioration soil science (in Czech)*. Praha, SNTL.
- Klika, J.–Novák, V.–Gregor, J., 1954, *Practicals of Phytocology, Ecology, Climatology and Soil Science (in Czech)*. ČSAV Praha, 773 pp.
- Kutílek, M., 1971, *Soil moisture ecological classification (in Czech)*. *Vodní hospodářství* 9, p. 250-256.
- Kutílek, M., 1988, *Water management soil science (in Czech)*. Praha, Academia, 368 pp.
- Pichler, V., 2003, *Production Ecology and Environmental Aspects of the Soil Water Regime due to Change of Beech Ecosystem Density (in Slovak)*. LF TU Zvolen, 142 pp.
- Štrélcová, K.–Matejka, F.–Mindáš, J., 2002, *Estimation of beech trees transpiration in relation to their social status in forest stand*. *Lesnictví – Journal of Forest Science* 48, 2002 (3), 130-140.
- Štrélcová, K.–Matejka, F.–Kučera, J., 2003, *Beech stand transpiration assessment - two methodical approaches*. *Ekológia, Vol. 22, Supplement 2/2004*, 147-162.
- Tužinský, L., 1990, *The regime of soil moisture and usable water supplies in the soil under forest ecosystems (in Slovak)*. *Vedecké práce VÚLH vo Zvolene*, 97-110.
- Tužinský, L., 1998, *Soil Water Research of the Forest Stand in the Relation to Atmospheric Precipitations (in Slovak)*. *Lesnícky časopis – Forestry Journal*, 44 (1-2), 87-99.



# AIR QUALITY ASSESSMENT OF BRATISLAVA AGGLOMERATION BASED ON PASSIVE MEASUREMENTS OF SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> AND BENZENE

ĽUBOR KOZAKOVIČ<sup>1</sup>, ELENA KARABINOŠOVÁ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Slovak Hydrometeorological Institute, Jeséniova 17, 833 15 Bratislava, Slovakia, lubor.kozakovic@shmu.sk

<sup>2</sup> reVíte, Trnavská ceste 80, 821 02 Bratislava, Slovakia

*In January 2003, a bilateral project between the Flemish Environmental Agency and the Flemish Institute for Technological Research VITO on one side and the Slovak Hydrometeorological Institute and the reVíte company on the other side was started. This project is realised within the „Co-operation programme between Flanders and candidate member states in central and eastern Europe“. The paper presents the results obtained during the first monitoring campaign in the city of Bratislava. Passive measurements of SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> and benzene were taken in 90 out of 92 selected locations in the city of Bratislava, the capital of the Slovak Republic. The main objective was to provide information on the spatial distribution of NO<sub>2</sub> concentrations in the city where, at some automated monitoring stations, the NO<sub>2</sub> level exceeded the limit value plus the margin of tolerance. According to the new Slovak Air Quality legislation such areas belong to ‘air quality management areas’, where action plans have to be elaborated and implemented in order to decrease the air pollution level as quickly as possible. In addition to modelling, the presented results also provide objective information and indicate the most problematic locations with regards to the air pollution by SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> and benzene. This was the first time we used passive samplers for a large-scale air quality assessment. All this information and other documentation related to this project are available at the website: <http://fsp.shmu.sk>.*

*V januári 2003 sa začal realizovať bilaterálny projekt medzi Flámskou Agentúrou pre životné prostredie, flámskym výskumným ústavom VITO na jednej strane a Slovenským hydrometeorologickým ústavom a spoločnosťou reVíte na strane druhej. Tento projekt sa uskutočňuje v rámci „Programu spolupráce medzi Flámskom a prístupujúcimi krajinami do EÚ zo strednej a východnej Európy“. Článok prezentuje výsledky získané počas prvej meracej kampane v Bratislave. V celom meste sa uskutočnili pasívne merania SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> a benzénu na 90 z 92 vybraných lokalít. Hlavným cieľom bolo získať informácie o priestorovom rozložení koncentrácií NO<sub>2</sub> v rôznych častiach mesta, lebo v roku 2002 sa vyskytlo na niektorých monitorovacích miestach prekročenie limitnej hodnoty zvýšenej o medzu tolerancie. Podľa nového zákona o ochrane ovzdušia, takéto územia patria medzi „oblasti riadenia kvality ovzdušia“, pre ktoré musia byť vypracované akčné plány a programy, ktoré obsahujú krátkodobé resp. dlhodobé opatrenia pre zníženie znečistenia pod limitnú hodnotu. Uvedené výsledky poskytujú alternatívu k modelovaniu pre získanie objektívnych informácií o oblastiach s najvyššou úrovňou znečistenia SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> a benzénom. Pre zhodnotenie znečistenia ovzdušia sa metóda pasívnych odberov v takomto širokom rozsahu použila na Slovensku po prvý raz. V plnom rozsahu sú výsledky projektu dostupné na webovej stránke SHMÚ: <http://fsp.shmu.sk>.*

**Key words:** SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, benzene, passive measurements, Bratislava, Slovakia

## INTRODUCTION

The Air Quality Project in the Slovak Republic - Monitoring of air pollution and audit of Quality System, is being realized in the frame of a bilateral programme between the governments of Flanders and Slovak Republic. The main objective of the project is to help the Slovak Republic in the process of harmonization with the EU air quality legislation requirements. According to the Framework Directive “Council Directive 96/62/EC on Air Quality Management and Assessment”, the Member States are obliged to provide an assessment of ambient air quality (Article 6). Once the limit values are set, the air quality will be assessed throughout the territories of the Member States. General require-

ments (Article 7) are to ensure that the necessary measures are implemented in order to comply with the limit values.

In the Slovak Republic, the Decree No. 705 about Air Quality came into effect on January 1<sup>st</sup> 2003 under the Clean Air Act No. 478/2002 Coll. This Clean Air Act has fully transposed the EU Air Quality legislation in the field of air quality assessment and management. In accordance with requirement of EU legislation the territory of the Slovak Republic was divided into 8 zones and 2 agglomerations. The EU countries applied two different principles for the delimitation of countries into zones. The first approach is based on the administrative principle, where the zones more or less copy the boundaries of administrative units. The second one takes into account the spatial distribution of

pollutants and the zones are delimited according to the level of air pollution. In Slovakia, the delimitation was based on the administration principle. The zones are identical with higher municipal (administrative) units, regions. Table 1 specifies the area of each zone/agglomeration and the population living in each of them. The air quality is monitored in the largest cities, where different types of emission sources contribute to the air pollution level. With regard to the pollutants, the higher level has been achieved by particulate matter. In the year 2002, the PM10 concentrations exceeded the limit value plus the margin of tolerance in most zones and agglomerations (Table 1). So far, we have not been able to quantify the contribution of natural sources or the particulates which reemitted from the ground. The correction factor 1.3 is applied to all automated measurements in the whole Slovakia. Table 1 also shows that specific local air pollution problems occur in some regions. In the Trenčín region, the SO<sub>2</sub> concentrations exceeded the limit value plus the margin of tolerance. NO<sub>2</sub> concentrations in the Bratislava agglomeration occurred at the same level.

The first measuring campaign was primarily focused on the evaluation of the spatial distribution of NO<sub>2</sub> concentrations, mainly at the most frequented roads in the city of Bratislava, in order to provide the local authorities with detailed information on the spatial distribution of NO<sub>2</sub>, to help them prepare abatement measures. As well as NO<sub>2</sub>, concentrations of SO<sub>2</sub> and benzene were measured at the same locations.

**Table 1. Zones and agglomerations in the Slovak Republic.**

AGGLOMERATION/ zone	Area [km <sup>2</sup> ]	Population	>LV +MoT pollutant in 2002
BRATISLAVA	368	452,053	NO <sub>2</sub> , PM10
KOŠICE	245	240,915	PM10
Bratislava	1,685	164,818	NA
Košice	6,508	512,934	PM10
Trnava	4,148	547,173	NA
Banská Bystrica	9,455	664,072	PM10
Nitra	6,343	718,358	NA
Trenčín	4,502	608,990	PM10, SO <sub>2</sub>
Prešov	8,993	763,911	PM10
Žilina	6,788	682,983	PM10

PM10\* = PM10x1.3      NA - measurements are not available  
Ozone is not considered in this table, because is regarded to be a rather global problem.

## METHOD

The samplers were located close to the traffic and in such places, as to be representative for several metres of the measured site. The concentrations of NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> and benzene were assessed at all locations by diffusive samplers during the two-week long measuring campaign in November 2003. Ninety-two locations, at which the shelters were mounted before installing diffusive samplers, were selected in the first step. At the same time, the names of the streets, geographical co-ordinations and photo documentation were assigned at each point.

All of this information was compiled with the results of measurements and it is presented complexly in the BA city 9-23/11/2003 report at the web site: <http://fsp.shmu.sk>.

The map is constructed in such a way that when the mouse pointer hits the measuring point, basic information, such as the concentrations measured at that point, appears (Figure 1). As the title on Figure 1 shows, more information is available by clicking on any particular point where such examples of the documentation of particular locations are shown (Figure 2). The main objective of this approach is to extend, as much as possible, the availability of information for both the experts dealing with the air pollution and the general public. Subsequently, the concentrations were also measured at the sites with automated monitoring stations. Comparisons between active and passive measurements have showed some discrepancies, which can sometimes be hard to explain, but this experiment has also indicated very interesting relationships that were revealed after detailed statistical analyses of the results were made. At the edges of the area under investigation, several points were located in suburban areas with the lowest background concentrations in the city.

## PROCESSING THE RESULTS

The results obtained within the project are presented in Table 2. Table shows that only 12 samplers were lost, but also that some problems with the measurements of benzene have not been overcome at that time. We expect that this will be solved before the start of the second campaign and that complete results will be presented in the final version at the end of the project. For a larger and objective application of this relative short-term measurement, several analyses had to be performed to determine:

- How the passive concentrations correspond with data monitored by active method?
- To which period could the results of passive measurements be extended with a reasonable level of uncertainty?
- Are there any differences with regards to the particular parts of the area under investigation?

## Evaluation of correspondence between passive and active measurements

The comparisons between the concentrations measured by passive methods at the locations of automated stations and the results from the automated stations were analyzed. The following table shows the corresponding concentrations for NO<sub>2</sub> and SO<sub>2</sub> concentrations at several locations during the two-week period in November.

**Table 3. Concentrations of NO<sub>2</sub> and SO<sub>2</sub> [µg.m<sup>-3</sup>] measured by active and passive method.**

Location	SO <sub>2</sub>		NO <sub>2</sub>	
	active	passive	active	passive
Petržalka	25.9	20.5	28.1	23.6
Trnavské myto	15.9	7.5	48.8	48.4
Staré mesto	13.8	6.8	49.7	21.8

Figure 1.  
Location of  
sampling points  
in Bratislava.

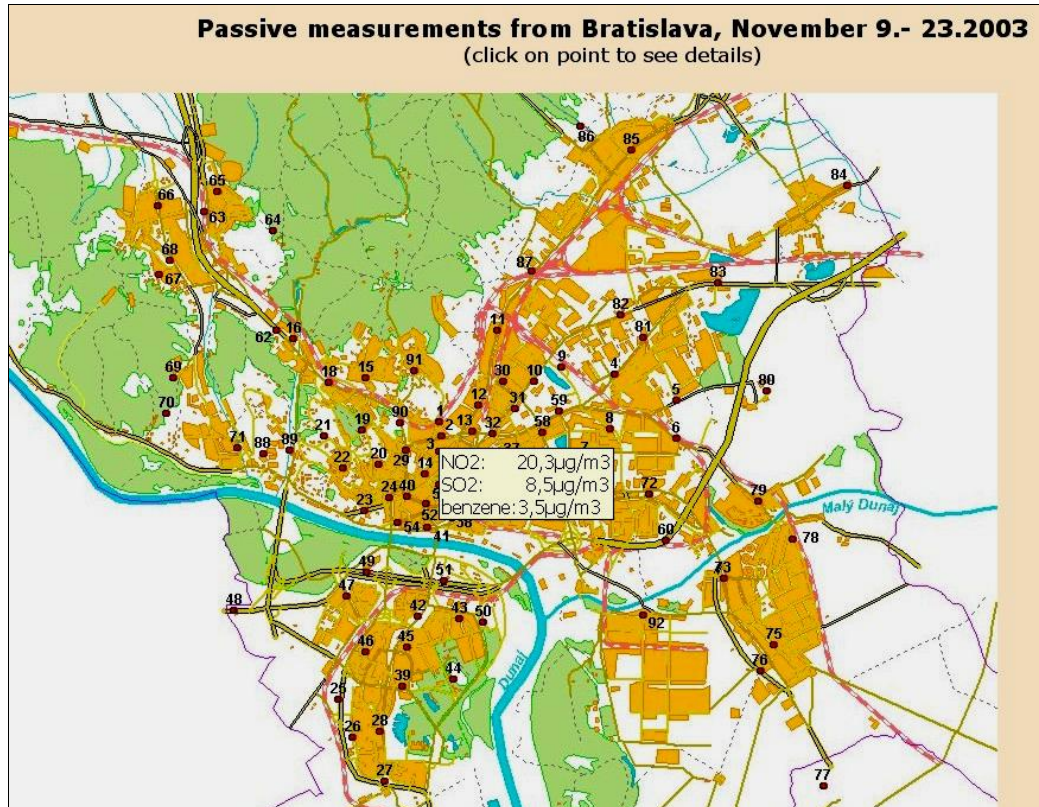
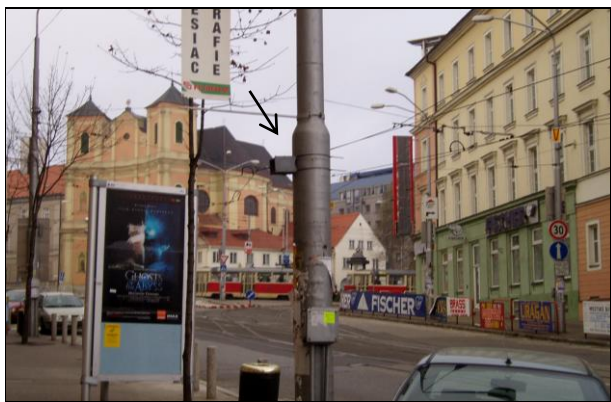


Figure 2. Sampling points No. 40 and 91.



**General information**

Number of point	40
Name of street/area	Námestie slobody
Monitoring objectives	Preliminary assessment
Longitude	17°06'30,4"
Latitude	48°08'44,9"
Altitude	168
Characterization of the location	Historical centre, built up area

**Classification of the station**

Type of area	Urban, first class street
Type of station	Traffic
Daily traffic volume	Middle
Heavy duty fraction of traffic	Middle
Traffic speed	
Type of street	Crossroad

**Concentration measured** [ $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ]

NO <sub>2</sub>	36,9
SO <sub>2</sub>	8,3
Benzene	2,9

Comments: Main emission sources are traffic, partly local heating units.

**General information**

Number of point	91
Name of street/area	Koliba
Monitoring objectives	Preliminary assessment
Longitude	17°06'24,8"
Latitude	48°10'05,4"
Altitude	287
Characterization of the location	Periphery of the city, meteo garden in SHMU

**Classification of the station**

Type of area	Suburban, outside of traffic
Type of station	Background (traffic)
Daily traffic volume	Low
Heavy duty fraction of traffic	Low
Traffic speed	
Type of street	

**Concentration measured** [ $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ]

NO <sub>2</sub>	12,3
SO <sub>2</sub>	7,0
Benzene	1,4

Comments: Main emission sources are local and central heating units.

Table 2. Results of measurements [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] - Bratislava 2003.

No Street	Brief description of location	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub> *	Ben-zene
1 Dobšinského	U, in front of tunnel	20.3	8.5	15.9	3.53
2 Šancová	U, main route from and to the centre	35.6	8.3	15.8	3.52
3 Mýtna	U, main route	40.2	9.9	17.1	3.58
4 Rožňavská	U, main street from and to the city	30.8	4.5	12.6	3.05
5 Galvaniho	U, main route from and to the centre	30.8	5.0	13.0	3.98
6 Vrakunská cesta	U, main route from and to the centre	31.6	5.6	13.5	+
7 Ružinovská	U, side street	15.8	5.3	13.3	2.44
8 Tomášikova	U, several streets	38.9	4.6	12.7	+
9 Tomášikova	U, side street, close to main street	30.5	6.4	14.2	2.48
10 Junácka	Traffic, side street, close main route	30.2	10.1	17.3	+
11 Račianska	U, route from and to the city	21.7	9.2	16.5	+
12 Račianska	U, main route from and to the centre	29.0	8.3	15.8	3.50
13 Šancová	U, main route	23.8	9.6	16.9	4.52
14 Kollárovo nám.	U, first class street	27.4	7.9	15.5	4.12
15 Bárdošova	U, side street	17.3	7.6	15.2	3.37
16 Červený most	U/SubU, side street	9.1	9.7	16.9	2.39
18 Brnianska	U, main route from and to the city	37.3	9.4	16.7	+
19 Majakovského	SubU	13.9	7.0	14.7	2.21
20 Mišíkova	U/SubU, side street	13.6	9.2	16.5	2.54
21 Drotárska cesta	U, side street	19.1	11.8	18.7	2.34
22 Mudroňova	U, side street	13.3	8.8	16.2	2.56
23 Mudroňova	U, side street	21.9	8.8	16.2	2.68
24 Staromestská	U, main route from and to the city	49.6	9.8	17.1	4.02
25 Panónska cesta	U, main route	32.2	15.4	21.7	4.55
26 Budatínska	U, side street	28.5	17.6	23.5	4.18
27 Jasovská	U/SubU, side street	18.2	9.2	16.5	4.83
28 Jantárová cesta	U, first class route	24.3	13.2	19.9	1.97
29 Štefánikova	U, continuously built up area	31.8	8.1	15.6	+
30 Jarošova	U, route to and from the centre	34.4	9.2	16.5	3.11
31 Junácka	U, side street, busy traffic in vicinity	28.7	5.9	13.8	2.96
32 Trnavské mýto	U, several main roads are close	48.4	7.5	15.1	+
33 Záhradnícka	U, first class street	23.8	7.9	15.5	3.29
34 Poľná	U, side street j	18.7	6.5	14.3	2.51
35 Mlynské nivy	U, main street, at bus stop, at crossroad	57.2	7.2	14.9	3.52
36 Páričkova	U, continuously built up area	29.8	6.6	14.4	2.94
37 Miletičova	U, main street, in front of crossroad	36.7	6.9	14.6	3.45
38 Dostojevského rad	U, main street	36.7	8.3	15.8	+
39 Romanova	U, first class street	24.0	22.4	27.5	4.76
40 Nám. SNP	U, first class street	36.9	8.3	15.8	2.91
41 Vajanského nábr.	U, first class street	39.2	8.1	15.6	4.68
42 Jungmannova	U, side street	10.1	1.8	10.4	4.06
43 Mamateyova	U, behind side street	23.6	20.5	25.9	4.00
44 Starohájska	U, main route	30.3	18.8	24.5	5.08
45 Osuského	U, first class street	30.1	19.9	25.4	4.81
46 Prokofievova	U, local street/parking	24.9	23.4	28.4	4.05
47 Rusovská cesta	U, main route	40.9	12.6	19.4	3.74
48 Colnica	SubU, main route	27.2	18.4	24.2	-
49 Einsteinova	U, main route	36.7	10.7	17.8	4.99
50 Dolnozemska cesta	U, main route	21.3	23.8	28.7	4.57

No Street	Brief description of location	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub> *	Ben-zene
51 Einsteinova	U, main route	33.7	11.0	18.0	3.46
52 Kamenné nám.	U, several main streets are in the vicinity	21.8	6.8	14.5	2.74
53 Špitálska	U, main street	42.7	7.5	15.1	+
54 Hviezdoslavovo n.	U, city park	-	-	-	2.87
55 Bajkalská	U, main route from and to the city	20.3	5.1	13.1	2.62
56 Bajkalská	U, main route from and to the centre	29.6	5.0	13.0	2.96
57 Prievozská	U, main route from and to the city	46.9	5.9	13.8	3.79
58 Bajkalská	U, main route from and to centre	32.0	5.2	13.2	3.01
59 Trnavská cesta	U, main route to and from centre	42.5	6.6	14.4	3.30
60 Domkárska	U, side street, close to high way	40.0	6.1	13.9	2.74
61 Gagarinova	U, main route to and from city	-	-	-	-
62 Lamačská cesta	U, main route from and to the city	46.7	9.9	17.2	+
63 Hodonínska	U, main route from and to the city	15.9	9.0	16.4	1.62
64 Na Klanec	SubU, in the woods	8.5	6.5	14.3	2.03
65 Podháj	SubU, side street, close to the woods	-	-	-	-
66 Saratovská	U, main route from and to the city v	38.6	9.9	17.1	3.02
67 Švantnerova	U, side street	13.5	9.6	16.9	2.16
68 M. Schneidra Trn.	U, route to and from city centre	25.3	11.2	18.2	3.40
69 Karloveská	U, main route from and to the city	31.5	10.1	17.3	2.81
70 Veternicová	U, side street	18.1	17.1	23.1	2.35
71 Karloveská	U, main route from and to the city	40.1	10.6	17.7	3.05
72 Gagarinova	U, main route to and from city	30.3	4.9	12.9	3.16
73 Popradská	U, several first classes streets	26.8	6.3	14.1	3.15
75 Biskupická	SubU, side street	21.1	4.6	12.7	3.28
76 Svornosti	U, main route	22.6	5.7	13.7	+
77 Rovinka	SubU, in vicinity main route from city	14.2	19.8	25.4	4.53
78 Dvojkrižna	U, several streets of first class	21.2	5.3	13.3	2.62
79 Hradská	U/subU, first class route	25.1	4.8	12.9	2.78
80 Ivanská cesta	U, main route	10.8	6.9	14.6	-
81 Bojnická	U, side street	22.7	5.3	13.3	2.52
82 Vajnorská	U, main route	35.4	11.2	18.2	2.96
83 Cesta na Senec	U, main route from and to the city	41.2	5.7	13.6	3.42
84 Roľnícka	SubU, side street	21.9	4.5	12.6	+
85 Púchovská	U, route from and to the city	17.4	5.4	13.4	2.36
86 Knižkova dolina	SubU, side street	-	-	-	-
87 Račianska	U, main route to and from city	25.6	5.4	13.4	2.97
88 Mlynská dolina	U/SubU, local side street	23.9	9.7	16.9	2.41
89 Mlynská dolina	U, main route	33.3	8.4	15.8	2.56
90 Pražská	U, main route to and from centre	32.9	9.7	16.9	3.16
91 Jeséniova	SubU, outside of traffic	12.3	7.0	14.7	1.37
92 Slovaftská	U, main route, large refinery	17.0	6.9	14.6	5.02

Explanation: U - urban; SubU - suburban  
 - missing samples  
 + under estimation



The value of the correlation coefficient between the SO<sub>2</sub> concentrations measured by a passive and active method is very high, reaching the value of 0,99, which represents almost functional dependence. But the shift between the two methods is significant. The linear equation to correct concentrations of SO<sub>2</sub> measured by passive samplers to SO<sub>2</sub> concentrations monitored by automated stations is:

$$SO_2^* = SO_2(\text{PASSIVE}) * 0.8322 + 8.88$$

SO<sub>2</sub>\* represents modified concentrations according to this equation (Table 2). These modified concentrations were used for the presentation of the spatial distribution of sulphur dioxide concentrations in the map of Bratislava agglomeration.

The correlation between the NO<sub>2</sub> measured by passive samplers and the NO<sub>2</sub> measured by automated analyzers is not so tight. This is mainly because of the sample in Staré mesto, where there is the largest discrepancy. If these samples were excluded, the correlation between the remaining two concentrations would increase significantly. No corrections have therefore been made for NO<sub>2</sub> and the values seem to be reasonable at most locations. We realize that these conclusions, which are based on a small number of stations, are not very representative from the statistical point of view, but they can lead to some generally acceptable conclusions.

#### Evaluation of the spatial and temporal representativeness of the data for the sampling period

In order to know the extent to which our conclusions are representative from a long-term (one whole year) viewpoint, in the first step we analyzed the annual data from monitoring stations assigned as "M-Annual" and the data measured by passive methods during the two-week period in November, in Table 4 assigned as "P-November". Table 4 shows the annual averages from three automated stations in the city of Bratislava and the corresponding averages of SO<sub>2</sub>\* and NO<sub>2</sub> pollutants between November 9<sup>th</sup> and 23<sup>rd</sup>.

**Table 4. Annual and two-week November averages of SO<sub>2</sub> and NO<sub>2</sub> concentrations [µg.m<sup>-3</sup>] measured at monitoring sites.**

Location	SO <sub>2</sub>		NO <sub>2</sub>	
	M-Annual	P-November	M-Annual	P-November
Petržalka	14.1	25.9	32.6	23.6
Trnavské myto	14.2	15.1	53.6	48.4
Staré mesto	14.0	14.5	40.0	21.8

#### SO<sub>2</sub>

For the whole city, the annual SO<sub>2</sub> concentrations differ very little and are at the similar level of 14.1 µg.m<sup>-3</sup> ± 0.1 µg.m<sup>-3</sup>, which is a very small dispersion for a large city like Bratislava. The major source of SO<sub>2</sub> emissions, the petrochemical complex Slovnaft, is located easterly from the Petržalka estate. Table 5 shows that from a total of 15 measuring points

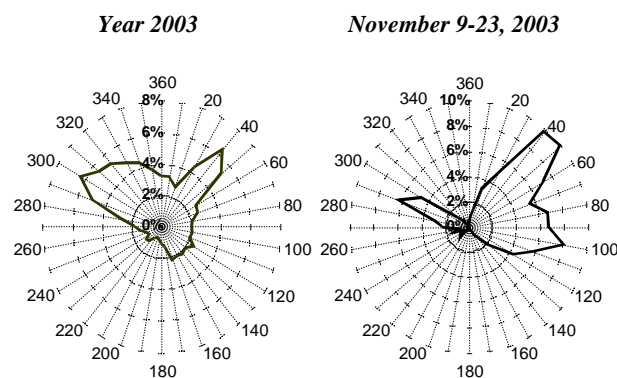
in Petržalka, the highest concentrations of SO<sub>2</sub> occurred at 13 of them, which, taking into account the annual average concentration, points to a strong influence of atypical meteorological conditions during this sampling period. This is documented by both the automated and the passive measurements of SO<sub>2</sub> concentrations during the given period.

**Table 5. Locations where maximal November SO<sub>2</sub> concentrations occurred.**

No	Street	Close description	SO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]
50	Dolnozemska cesta	Petržalka	23.8
46	Prokofievova	Petržalka	23.4
39	Romanova	Petržalka	22.4
43	Mamateyova	Petržalka	20.5
45	Osuského	Petržalka	19.9
77	Rovinka	At AMS Slovnaft	19.8
44	Starohajska	Petržalka	18.8
48	Colnica Petržalka/Berg	Petržalka	18.4
26	Budatínska	Petržalka	17.6
70	Veternicová	Petržalka	17.1
25	Panónska cesta	Petržalka	15.4
28	Jantárová cesta	Petržalka	13.2
47	Rusovská cesta	Petržalka	12.6
21	Drotárska cesta	Petržalka	11.8

The atypically high SO<sub>2</sub> concentrations in Petržalka in November do not correspond with the annual average concentrations at these stations. From a long-term viewpoint, the results from the passive measurements of SO<sub>2</sub> concentrations in Petržalka should be interpreted as extremely high. Figure 3 indicates to which extent the wind conditions during the sampling period were different from the prevailing wind directions in the year 2003. Taking into account that the petrochemical refinery Slovnaft emits more than 95 % of the total SO<sub>2</sub> emissions emitted in Bratislava from all sources, the influence is evident and well recorded by these measurements. SO<sub>2</sub>\* concentrations at Trnavské myto and in Staré mesto, 15.1 and 14.5 µg/m<sup>3</sup> respectively, correspond with the annual concentrations very well. This leads to a conclusion that the average SO<sub>2</sub> concentrations monitored at automatic stations in the two-week period in November can be regarded as annual concentrations in the whole city with the exception of Petržalka, with an uncertainty of ±10 %.

**Figure 3. Wind roses in Bratislava for the whole year 2003 and for the sampling period.**



## NO<sub>2</sub>

The NO<sub>2</sub> concentrations measured by the passive method at all three monitoring stations in November 2003 were lower than the annual average values in the year 2003. The highest differences of about 50 % occurred in the Staré mesto station. At two other stations the differences are roughly from 10 % at Trnavské mýto to 30 % in Petržalka. The next measuring campaign will show if the better results are obtained at typical traffic stations, like Trnavské mýto and the correspondence between short term measurements and annual averages is generally worse at background stations. Generally it could be concluded that a temporal extension of the NO<sub>2</sub> two-week data could result in a bias for the annual period of 50 %.

## Benzene

Benzene measurements were not started until the middle of the year 2003 and it is therefore not possible to perform such a detailed analysis. The general conclusion will therefore be based mainly on an expertise judgement.

## EVALUATION OF RESULTS

### Sulphur dioxide concentrations

The statistical analyses showed that this period was not representative for a long-term period, because the prevailing wind was not typical for the annual wind frequency distribution. Maximum concentrations occurred on the Petržalka estate. An excellent correlation was found between passive and active measurements, 0.99. These results also showed that passive measurements provide a systematically lower value, so the SO<sub>2</sub> concentrations were corrected according to the equation 1. The following conclusions are related to the corrected values. Maximal SO<sub>2</sub>\* concentrations of 28.7 µg.m<sup>-3</sup> occurred at the Dolnozemska location which is the closest Petržalka location to the major source of SO<sub>2</sub> emissions - the Petrochemical complex Slovnaft. The second largest concentrations occurred in the surrounding areas of this station. Average concentration SO<sub>2</sub>\* 16.6 µg.m<sup>-3</sup>, from all sites, is comparable to the annual average, 14.1 µg.m<sup>-3</sup>. This also indicates that the air pollution by sulphur dioxide does not represent a serious problem in the Bratislava agglomeration. Spatial distribution of SO<sub>2</sub> concentration is presented in Figure 4. The highest isolines of 25 µg.m<sup>-3</sup> were found at Petržalka locations.

Figure 4. SO<sub>2</sub> in µg.m<sup>-3</sup> in Bratislava, November 2003.

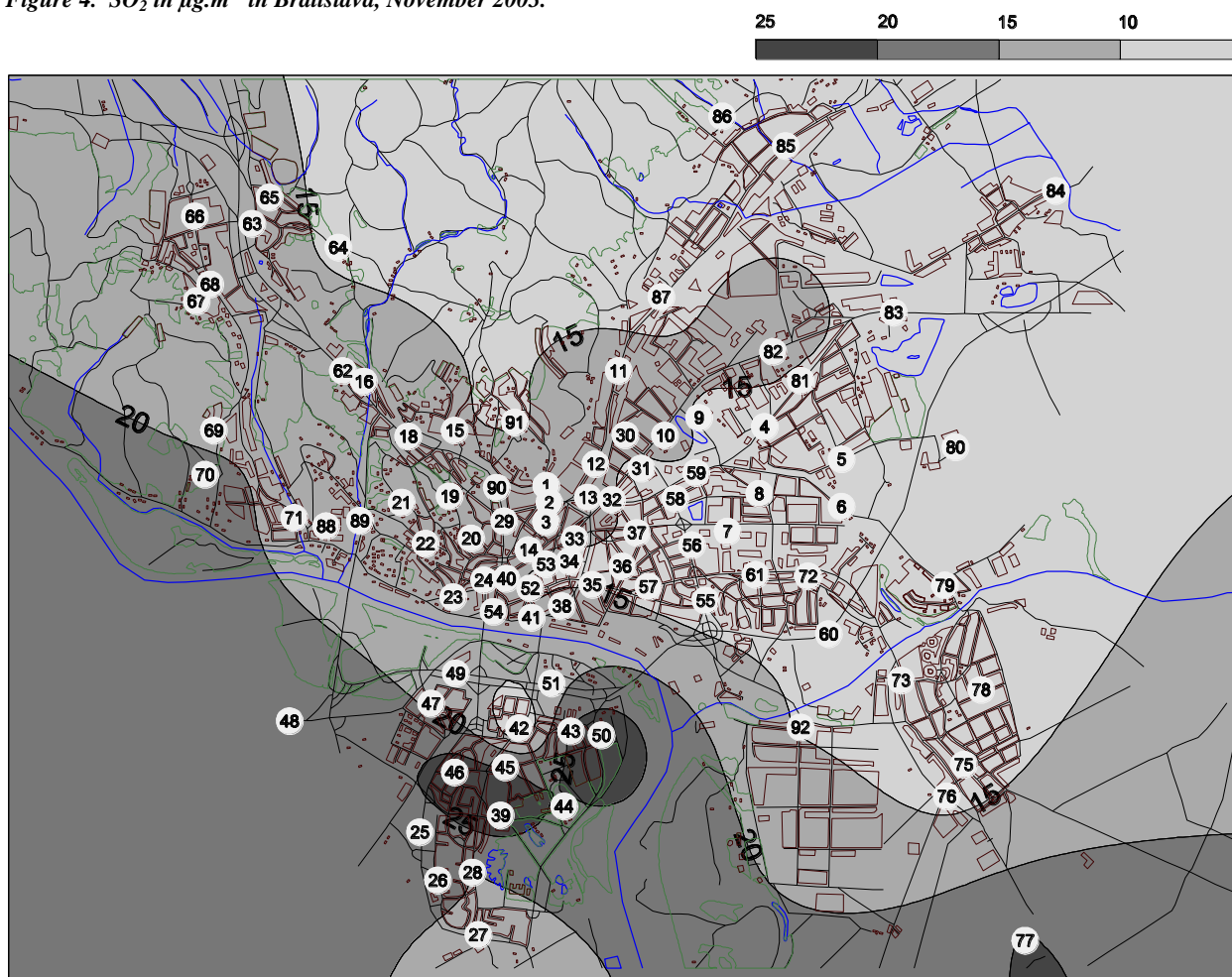
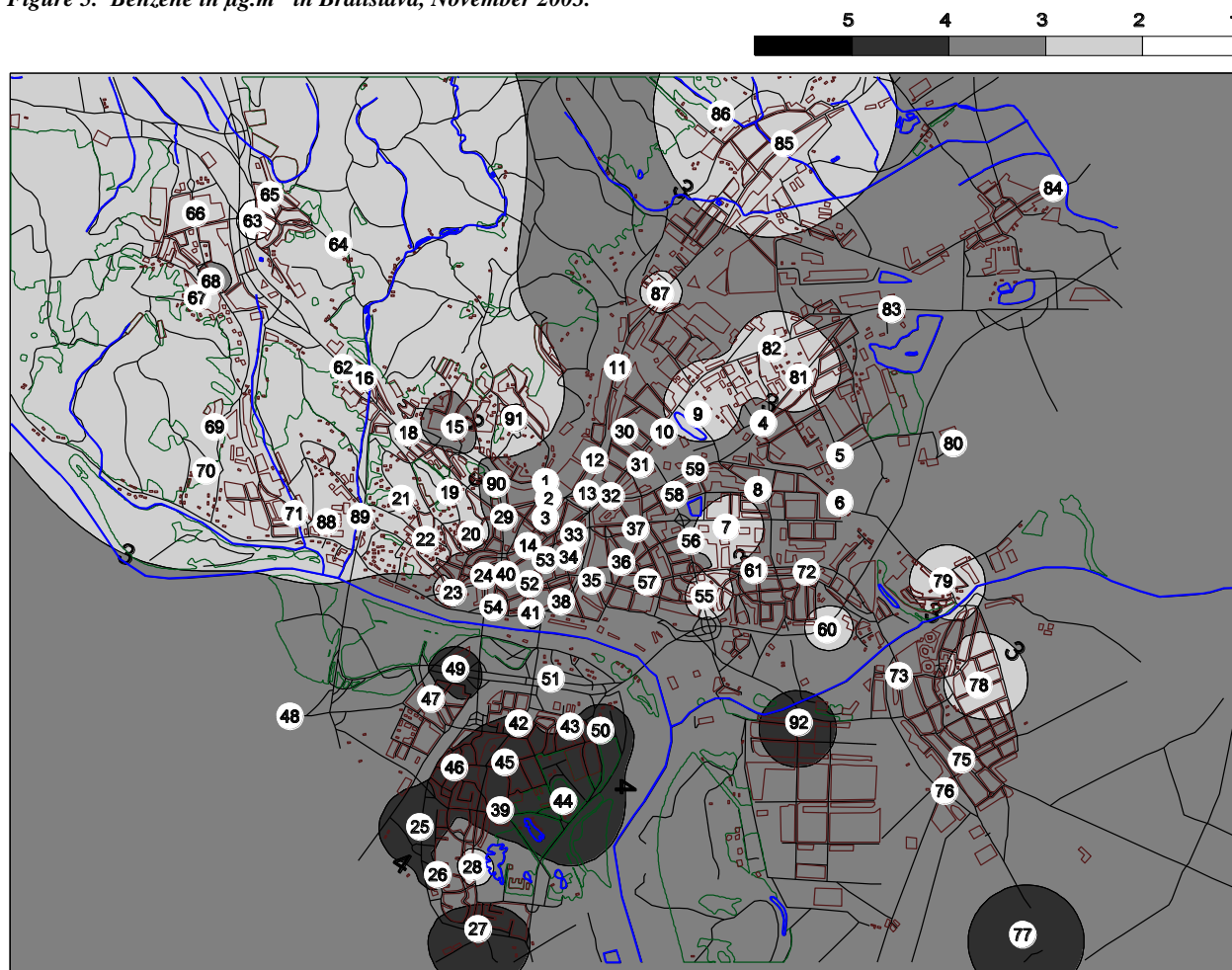


Figure 5. Benzene in  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  in Bratislava, November 2003.



### Benzene concentrations

The benzene concentrations only exceeded the concentration of  $5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  at 2 sites. One of them is in the Petržalka estate close to very busy traffic. The second one is close to the refinery Slovnaft. So far, we do not have much experience with regular measurements and it is therefore difficult for us to make any conclusions with regard to the spatial and temporal representativeness. The average concentrations of  $3.3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  seems to be high enough with regard to the limit value of  $5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . The correlation between benzene and  $\text{NO}_2$  concentrations is statistically insignificant with the level of about 0.3. The lowest concentration of  $1.37 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  occurred in the meteorological observatory of SHMU, next to the building of SHMU. The highest concentrations correspond with the traffic density. From the spatial distribution it is clear that the highest isolines of  $4 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  occurred only in the Petržalka estate and close to the petrochemical complex Slovnaft, while the other side of the city of Bratislava divided by the Danube River had significantly lower concentrations. This is probably due to the high traffic intensity in the Petržalka estate. Further investigation should be performed

in order to estimate the contribution of Slovnaft refinery to this level.

### Nitrogen dioxide concentrations

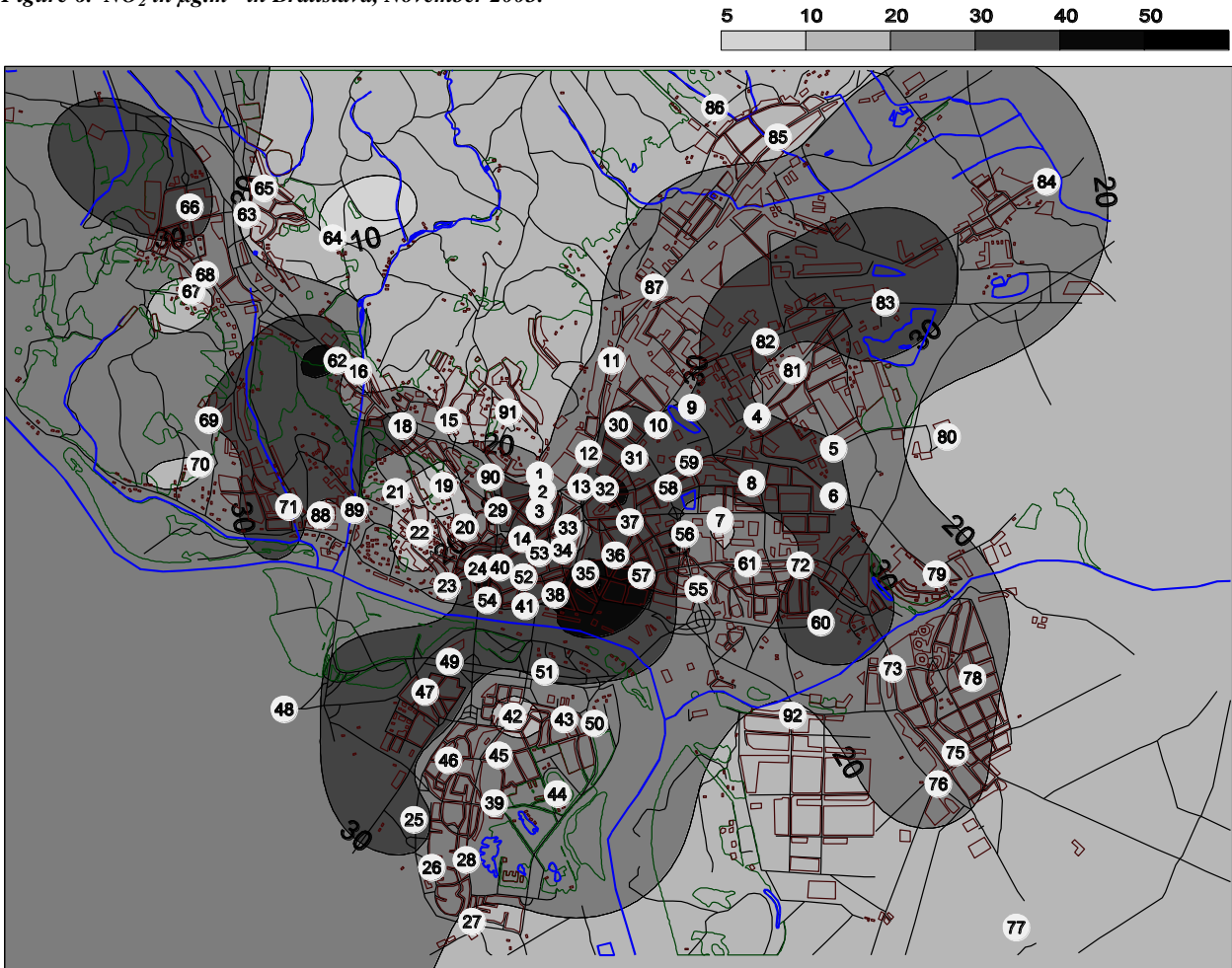
The highest  $\text{NO}_2$  concentrations exceeded the annual limit value at 12 locations out of which only one is located in the Petržalka estate. The maximal  $\text{NO}_2$  concentration of  $57.2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  exceeded the limit value plus MoT for the year 2003,  $54 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , only in one location in the city centre close to the main bus station.

### CONCLUSION

This was the first time we used passive samplers for a large-scale air quality assessment. The experience we gained during the first campaign will help us to recognize how and to what extent these results can be generalized and further applied in air quality assessment and in the preparation of action plans and integrated programmes.



Figure 6.  $\text{NO}_2$  in  $\mu\text{g.m}^{-3}$  in Bratislava, November 2003.





# EMISSION INVENTORY OF GREENHOUSE GASES IN THE SLOVAK REPUBLIC

JANKA SZEMESOVÁ

Slovak Hydrometeorological Institute, Jeséniova 17, 833 15 Bratislava, Slovakia, janka.szemesova@shmu.sk

*The national emission inventory of greenhouse gases in the Slovak Republic was briefly reviewed and summarized. The emissions of CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, PFCs, HFCs and SF<sub>6</sub> were observed and inventoried from the base year 1990 (1995 for F-gases) until the present and the results are published annually. The total anthropogenic emissions of all greenhouse gases decreased from the base year by approximately 30 %. It means that the Kyoto target 2008-2012 will be successfully met. But the longer-term EU target will need a further reduction of GHG emissions by approximately 70 % compared to 1990 levels. Because of the high Slovak energy saving potential the EU reduction target for the Slovak Republic may be even more pronounced.*

*V článku je zhrnutá a sumarizovaná emisná inventúra skleníkových plynov Slovenskej republiky. Emisie CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, PFCs, HFCs a SF<sub>6</sub> sa pozorujú a inventarizujú od základného roka 1990 resp. 1995 až po súčasnosť a výsledky sú každoročne publikované. Celkové antropogénne emisie všetkých skleníkových plynov klesli od základného roka približne o 30 %. To znamená, že Kjótsky cieľ 2008-2012 bude úspešne splnený. Avšak v dlhšom časovom horizonte bude potrebné znížiť emisie skleníkových plynov v EÚ na úroveň 70 % v porovnaní so základným rokom 1990. Pre veľký potenciál energetických úspor môže EÚ pre Slovenskú republiku dokonca stanoviť prísnejší redukčný cieľ.*

**Key words:** greenhouse gases, emission inventory, Slovak Republic

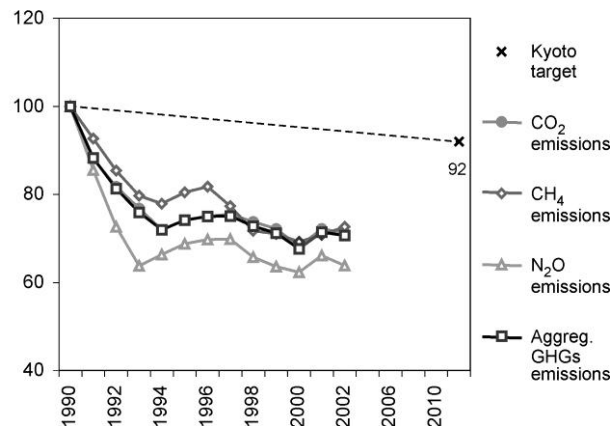
## INTRODUCTION

Climate change, caused by the increasing anthropogenic emissions of greenhouse gases, represents the most serious environmental issue in the history of humankind. The most important anthropogenic greenhouse gases are carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), methane (CH<sub>4</sub>), and nitrous oxide (N<sub>2</sub>O). Other greenhouse gases included in the GHG inventory are halogenated hydrocarbons (PFCs, HFCs) and SF<sub>6</sub> also call "F-gases", which are not controlled by the Montreal Protocol. The ozone depleting gases like chlorofluorocarbons (CFCs) are also strong GHGs but are not controlled by the Kyoto Protocol. Photochemical active gases such as carbon monoxide (CO), nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>) and non-methane volatile organic hydrocarbons (NM VOCs) are not greenhouse gases, but they contribute indirectly to the greenhouse effect in the atmosphere. These are generally referred to as ozone precursors because they affect the creation and destruction of ozone in the troposphere. Precursors of sulphates - sulphur dioxide (SO<sub>2</sub>) and other fine particles - reduce the greenhouse effect.

According to the text of the Final Protocol from Kyoto, the countries of Annex I have agreed to reduce aggregated emissions of all greenhouse gases (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFCs, PFCs and SF<sub>6</sub>) on average by 5.2 % from the level of the year 1990 during the first commitment period of the years 2008-2012. The Slovak Republic, as well as the EU, has accepted a target to reduce emissions by 8 % in comparison

with their level in the base year 1990 (Figure 1). The Slovak Republic and the EU countries ratified the Kyoto Protocol on May 31, 2002. [1] The emissions of greenhouse gases have decreased in EU countries by 4 % [2] in 2000 compared to the base year (1990). It represents almost half of the Kyoto target. In the SR, by adopting the reduction commitment of the Kyoto Protocol, pressure is put on formulating an efficient strategy to mitigate greenhouse gas emissions.

**Figure 1.** GHG emission trends in the SR compared with the Kyoto target [%].



Note: CO<sub>2</sub> emissions without LUC&F; emissions are determined as of 15.4.2004

## METHODOLOGY

The Ministry of the Environment (MoE) of the Slovak Republic, Department of Air Protection is the national focal point for the UN FCCC. The MoE is granting and supervising the development and maintenance of national emission inventories on an annual bases. The Slovak Hydrometeorological Institute (SHMI), Department of Air Quality (DoAQ) is responsible for coordination and compilation of national emission inventories for all pollutants. SHMI also prepares inventories for international reporting to the UN FCCC and UNECE.

Inventories are compiled on a contractual basis, in cooperation with external consultants, scientific institutes and universities (Profing - company for energy research, Agricultural University, Research Institute for Transport, Chemical Technical University, Forestry Research Institute, Association for cooling and air condition technique etc.).

The SHMI develops and maintains a database (NEIS) of stationary sources to follow the development of emissions of SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO at a regional level and to fulfil reporting commitments of EU Directives.[3] The NEIS database also contains some technical information about sources such as fuel consumption. The emission balance from non stationary sources (road transport) were established by using the COPERT III method (EEA, ETC/ACC 2001) and the consistent dataset was recalculated from the base year (1990). The emissions of GHGs from off-road transport were calculated by using CORINAIR guidebook.[4]

The emissions of GHGs in the Slovak Republic were estimated in compliance with the methods provided in IPCC 1996 Revised Guidelines [5] and Good Practice Guidance (GPG).[5] The time series (from 1990) of GHG emissions are updated annually if information provided in the Statistical Yearbook of the SR is revised and/or if methodology is changed. The Slovak Inventory Agency (SHMI) uses only official IPCC methodology.[5, 6] The data sources are based on official statistical information. The base year in view of the UN Framework Convention and the Kyoto Protocol for the Slovak Republic is the year 1990 for all GHGs except halogenated hydrocarbons (PFCs, HFCs) and SF<sub>6</sub>, where the reference year is 1995. The inventory was developed in compliance with the methodology indicated in the IPCC Guidelines.[5, 6] Detailed inventory results are submitted in Common Report Format to the UN FCCC by April 15, 2004.[7]

## TRENDS IN GREENHOUSE GAS EMISSIONS

### Aggregated emissions

These are the emissions of greenhouse gases recalculated via GWP100 (Global Warming Potential for the 100 time horizon) [8] on the CO<sub>2</sub> equivalent. Expressed as the CO<sub>2</sub> equivalent, carbon dioxide emissions contributed by more than 80 % to the total emissions, CH<sub>4</sub> (GWP = 21) emissions by about 10 %, N<sub>2</sub>O (GWP = 320) emissions by about 7 % and the contribution of "F-gases" is below 1 %. In accordance with the generally expected results, the aggregated emission

of GHGs in the year 2002 moderately decreased when compared with 2001 by more than 500 Gg without LUC&F (app. 1 %). There is a significant decreasing of aggregated emission against the base year (1990) by approximately 21 250 Gg it means decreasing by almost 30 % (Table 1).

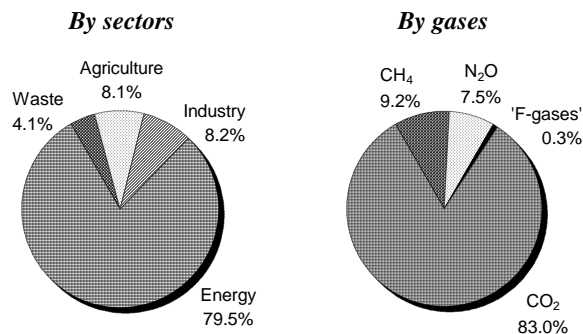
A major share of aggregated emissions covers the energy sector by about 72 %, the industry sector covers about 7.5 %, the agricultural sector about 7 %, land-use and forest about 9 % and the waste sector about 4 %. The major share of aggregated emissions covers CO<sub>2</sub> emissions by about 83 %, CH<sub>4</sub> emissions by about 9 %, N<sub>2</sub>O emissions by about 8 % and "F-gases" emissions by about 0.25 % (Figure 2).

**Table 1. The total anthropogenic greenhouse gas emissions CO<sub>2</sub> equivalent [Tg].**

	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	F-Gases	GHGs*
1990	59.6	6.5	6	0.3	72.4
1991	52.5	6.0	5.2	0.3	63.9
1992	48.7	5.6	4.4	0.2	58.9
1993	45.8	5.2	3.8	0.2	55.0
1994	42.9	5.1	4.0	0.1	52.1
1995	44.2	5.2	4.2	0.1	53.7
1996	44.7	5.3	4.2	0.1	54.3
1997	45.0	5.0	4.2	0.1	54.4
1998	44.0	4.7	4.0	0.1	52.7
1999	43.0	4.6	3.8	0.1	51.6
2000	40.6	4.5	3.8	0.1	49.0
2001	43.0	4.6	4.0	0.1	51.7
2002	42.5	4.7	3.8	0.1	51.1

\*Total aggregated GHGs emission without LUC&F

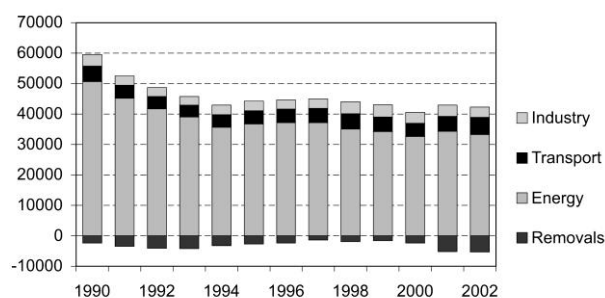
**Figure 2. The aggregated GHG emissions by sectors and by gases in 2002.**



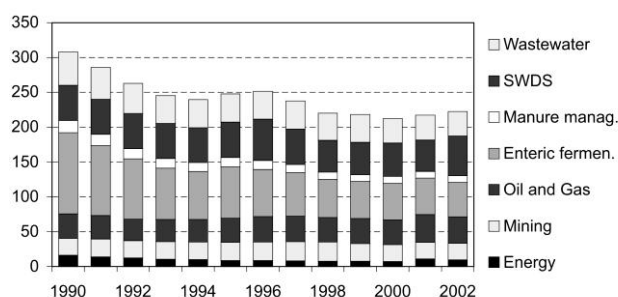
### CO<sub>2</sub> emissions

The most important anthropogenic source of CO<sub>2</sub> emissions in the atmosphere is the combustion and transformation of fossil fuels, which account for about 95 % of the total CO<sub>2</sub> emissions in the SR. The calculation of CO<sub>2</sub> emissions is based on energy statistical data when the IPCC reference method (Reference Approach) was applied. In addition, carbon dioxide arises during the technological process of cement, lime, and magnesite production and use of limestone. The balance includes also the production of coke, iron and steel, as well as CO<sub>2</sub> emissions arising during aluminium and ammonia production (Figure 3). Emission factors, estimated on the carbon content in fuels, were used. Carbon dioxide enters the atmosphere via the conversion of grasslands and forest areas into agricultural land, and forest fires.

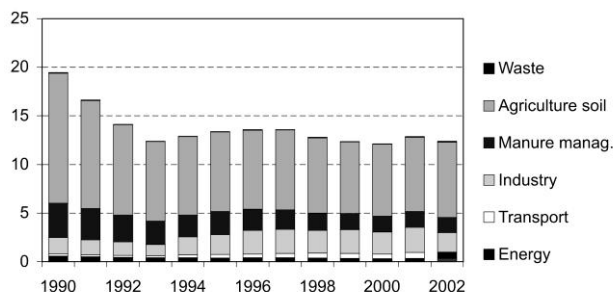
**Figure 3. A share of individual sector on CO<sub>2</sub> emissions [Gg] in 1990-2002 (emissions are determined as of 15. 4. 2004).**



**Figure 4. A share of individual sector on CH<sub>4</sub> emissions [Gg] in 1990-2002 (emissions are determined as of 15. 4. 2004).**



**Figure 5. A share of individual sectors in N<sub>2</sub>O emissions [Gg] in 1990-2002 (emissions are determined as of 15. 4. 2004).**



## CH<sub>4</sub> Emissions

Methane is the second most significant greenhouse gas and is emitted from both natural and anthropogenic sources, including natural wetlands, oceans, landfills, rice paddies, enteric fermentation, gas drilling and biomass burning. Agriculture, large-scale beef cattle and pig breeding, are major sources of methane on the Slovak territory. CH<sub>4</sub> arises as the direct product of the metabolism in herbivores and as the product of organic degradation in animal excrement. Calculations of emissions for the Slovak Republic are based on the data listed in the Statistical Yearbook of the Slovak Republic [9] and the Green Report [10] of the Slovak Ministry of Agriculture. Leaks of natural gas in the distribution networks are a very important source of methane. Methane is also leaking into the atmosphere from brown coal mining and biomass burning. In addition, solid waste disposal on

site (SWDS), municipal waste dumps and sewage (predominantly septic tanks) are also important methane sources. Methane arises without the direct access of oxygen (Figure 4).

## N<sub>2</sub>O emissions

In comparison with other greenhouse gases, the mechanism of N<sub>2</sub>O emissions and sinks develops from the nitrogen cycle in the atmosphere and their quantification is rather difficult. A global anthropogenic emission is estimated to be 3-7 billion tons of nitrogen per year. Natural sources are approximately twice as large as anthropogenic ones. The primary sources of N<sub>2</sub>O in the Slovak Republic are agriculture, waste treatment and N<sub>2</sub>O from the combustion of fuels (energy and transport) (Figure 5).

## HFCs, PFCs a SF<sub>6</sub> emissions

The first inventory of these substances [11] was executed in 1995. HFCs, PFCs and SF<sub>6</sub> are not produced in the SR, only data on consumption of these substances are available. They are used as coolants, extinguishing agents, blowing agents for PUR, in aerosol products and as insulating gases (SF<sub>6</sub>).

## GOOD PRACTICE AND UNCERTAINTY MANAGEMENT

### Description of key sources

To reduce uncertainty in the emission inventory it is important to recognise the key source categories. The key source categories by level assessment and trend assessment were chosen as those, whose cumulative contribution is less than 95 % and are enclosed in the National Inventory Report 2004 which followed the Good Practice Guidance.[6] The Slovak Republic determined in the year 2002 fifteen key source categories for level assessment and seventeen key source categories for trend assessment. The most important key source categories in the SR are fuel combustion, road transport, the emissions of CO<sub>2</sub> from agricultural soil etc.

### QA/QC Procedure

The GHG emission inventories are compiled with respect to transparency, consistency, comparability, completion, precision and in asense of "good practice". The emission estimates elaborated for individual sectors by external consultants are controlled and recalculated at the DoAQ at the SHMI. Activity data for major sources are compared with national statistics and with the previous year's submitted data. The energy balance from energy statistics is compared with summary fuel consumption reported by sources. Fuel consumption in the transport sector based on fuels sold is compared with the model results. External reviewers (from the Czech Republic) are regularly invited to comment on the inventory results. Control procedures are continuously developed and built in to the National Inventory System. The participation at international conferences, task forces, workshops and seminars for the national experts is necessary to ensure that EU and global know-how and legislative requirements are met.

## General uncertainty evaluation

The uncertainty in the estimation of CO<sub>2</sub> emissions is mainly caused by the uncertainty of statistical data on consumption. Another source of uncertainty is the applied emission factors. An additional error in the calculation of the other greenhouse gas emissions may occur as a result of less exact methods and it cannot be estimated. The quantification of the emission's uncertainty by level and trend assessment was calculated by using the Tier 1 method published in Good Practice Guidance.[6] The calculation uncertainty by using the more sophisticated Tier 2 - Monte Carlo method was at this time impossible due to the lack of input data and resources. Even though the Tier 1 uncertainty analysis was estimated the uncertainties were 10.0 % by level assessment and 2.9 % by trend assessment.

## CONCLUSION

The inseparable parts of the annual GHG inventory in the SR are CRF submission tables of sources and sinks [7] and a National Inventory Report (NIR). The NIR tries to explain and compare the additional information about the emissions inventory in all six sectors of the IPCC categories in the Slovak Republic for all GHG basic pollutants. The annual emission inventory is based on IPCC Methodology [5,6] and is related to the previous inventories. The methodological progress for the calculation of national total emissions is consistent from the base year (1990). The IPCC default and national determined emission factors were used. The following Table 2 gives a summary of the total emission of GHGs in the Slovak Republic in the period 1990-2002.

The over view Table 2 shows the trend in the reduction of GHG emissions compared to the base year 1990. The total decrease in anthropogenic GHG emissions represents 34.4 % from the base year and the Kyoto conditions for the Slovak Republic are already realised at the present. Table 3 indicates the percent dependence of each gas compared to the base year (100 %).

In accordance with the present achieved results in GHG emission trends it should be mentioned that the total anthropogenic emission decreased below the 8 % Kyoto

2008-2012 target, but the longer-term EU emission target will be estimated to be 30 % below the 1990 level. Because of the high Slovak energy saving potential the EU reduction target for Slovakia may be even more pronounced. The unpremeditated GHG emission allowance trading following the EU Directive 2003/87/EC of the European Parliament and the Council together with the revitalization of industrial productivity could lead to future difficulty in the achievement of emission targets.

## REFERENCES

- [1] *The Kyoto Protocol will come into force 90. days following the ratification by at least 55 countries, among whom have to be included countries of Annex 1 contributing at least 55 % to the total 1990 carbon dioxide emissions, as listed in attachment B to the report 25 of the Protocol, Kyoto, Japan, December 1997.*
- [2] *GHG Emission Trends and Projections in Europe, European Environmental Agency Copenhagen, Denmark 2003.*
- [3] *Commission Decision 2004/156/EC; Directive 2003/87/EC, Council Directive 96/61/EC; Decision 280/2004/EC; Decision 1600/2002/E; FCCC/CP/2002/8.*
- [4] *CORINAIR Emission Inventory Guidebook, UNECE, 1995*
- [5] *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory, Volume 1-3, IPCC 1996.*
- [6] *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National GHGs Inventories, IPCC 2000.*
- [7] *CRF 2002 Submission 2004 and Revised CRF 2001 Submission 2004, Slovak Hydrometeorological Institute, Bratislava, April 2004.*
- [8] *According to the currently valid Convention, the emission reduction expressed in CO<sub>2</sub> equivalent should be reported.*
- [9] *Statistical Office of the Slovak Republic (updated every year) <http://www.statistics.sk>.*
- [10] *Slovak Ministry of Agriculture (updated every year) <http://www.mpsr.sk>.*
- [11] *The utilisation of „F-gases“ (they are not covered by the UN Convention) in the SR is regulated in compliance with the Montreal Protocol and its appendices. Since 1986, the total consumption of controlled substances has been decreasing. Freons in cooling systems are successively being replaced by perfluorocarbons, so it can be assumed that consumption of these substances will increase several times following the year 1996.*

**Table 2.**  
*An overview of GHG emissions [Gg] in 1990-2002.*

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
CO <sub>2</sub> *	57193	49001	44586	41522	39613	41504	42285	43596	42062	41385	38180	37757	37202
CH <sub>4</sub>	310	287	265	247	241	249	253	240	222	220	215	219	225
N <sub>2</sub> O	20	17	14	12	13	13	14	14	13	12	12	13	12
HFCs	0	0	0	0	3	25	45	70	44	66	78	83	104
PFCs	272	267	249	156	132	114	35	33	24	14	12	11	11
SF <sub>6</sub>	0	0	0	0	9	10	11	11	12	13	13	14	14

\*The CO<sub>2</sub> emissions with LUC&F.

**Table 3.**  
*The overview of the relative reduction of GHGs [%] to the base year.*

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
CO <sub>2</sub>	100	88	82	77	72	74	75	75	74	72	68	72	71
CH <sub>4</sub>	100	93	85	77	78	80	82	77	72	71	69	71	73
N <sub>2</sub> O	100	86	73	64	66	69	70	70	66	64	62	66	64

Note: emissions are determined as of 15. 4. 2004.

# POROVNANIE VYBRANÝCH M-DENNÝCH PRIETOKOV OBDOBÍ 1961-2000 A 1931-1980 NA ÚZEMÍ SLOVENSKA

BEATA DEMETEROVÁ<sup>1</sup>, PETER ŠKODA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Slovenský hydrometeorologický ústav, Ďumbierska 26, 041 17 Košice, beata.demeterova@shmu.sk

<sup>2</sup> Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 17, 833 15 Bratislava, peter.skoda@shmu.sk

*M-day discharges belong among the basic hydrological characteristics. They are determined from the flow duration curve of the mean daily discharges for the given period. M-day discharges are the discharge values corresponding to M-days of exceedance taken from the flow duration curve. M-day discharges with a period of exceedance 355 and 364 days are of key role, because they are, directly or indirectly, used in water-management practice. Besides water management and environmental importance they belong also among important regime characteristics of low flow. The mentioned article deals with just comparison these characteristics worked up for representative period 1931-1980 and 1961-2000 which will be used in near future as a new reference period.*

*M-denné prietoky patria medzi základné hydrologické charakteristiky. Určujú sa z čiary prekročenia priemerných denných prietokov za zvolené obdobie. M-denné prietoky sú číselné hodnoty prietokov zodpovedajúce M-dňom prekročenia (zabezpečenia) odčítané z čiary prekročenia. M-denné prietoky s dĺžkou prekročenia (zabezpečenia) 355 a 364 dní majú kľúčovú úlohu, pretože sa priamo, alebo nepriamo používajú vo vodohospodárskej praxi. Okrem vodohospodárskeho a environmentálneho významu sú aj dôležitými režimovými charakteristikami malej vodnosti. V uvedenom článku sa zaoberáme porovnaním práve týchto charakteristík spracovaných za referenčné obdobie 1931-1980 s obdobím 1961-2000, ktoré by v blízkej budúcnosti malo slúžiť ako nové referenčné obdobie.*

**Key words:** priemerné prietoky, M-denné prietoky, malá vodnosť; mean discharges, M-day discharges, low flow

## ÚVOD

Hydrologické pozorovania v referenčnom období 1931-1980 nám už skoro štvrtstoročie slúžia k určovaniu dlhodobých hydrologických charakteristík [2]. Referenčné obdobie reprezentuje priemerný dlhodobý hydrologický režim - sú v ňom zastúpené suché, vodné a priemerné roky. Štatistickými metódami, používanými v hydrológii, využitím hydrologickej analógie, regionálnych závislostí a uplatnením všeobecných zásad postupnej bilancie po toku sa napozorované údaje zúročujú na určenie dlhodobých charakteristík v celej riečnej sieti. Dlhodobé hydrologické charakteristiky sú dôležitým produktom sekundárnej hydrológie [3] - spofahlivosť ich určenia má vplyv na koncepcné rozhodnutia vo vodnom hospodárstve, na environmentálnu oblasť vo vodnej politike, ekonomické rozhodnutia a širšie dopady pri ochrane obyvateľstva a hospodárstva pri extrémnych hydrologických situáciách. Konfrontácia dlhodobých režimových charakteristík s aktuálnym hydrologickým pozorovaním je permanentnou úlohou aplikovanej - sekundárnej hydrológie. V posledných rokoch sa táto konfrontácia stáva naliehavejšou v súvislosti s extrémnymi hydrologickými situáciami a klimatickými zmenami.

V odbornej verejnosti, ale aj medzi užívateľmi produktov režimových charakteristík sa diskutuje, či referenčné

obdobie 1931-1980 dobre vystihuje hydrologický režim v podmienkach terajších extrémnych rokov a možných klimatických zmien do budúcnosti [5, 7]. Porovnanie s obdobím 1961-2000, teda obdobím, ktoré zahŕňa realitu posledných rokov by malo prispieť k odpovediam na tieto otázky.

V predložennom článku sme sa zamerali na porovnanie priemerných ročných prietokov  $Q_a$ , ktoré poskytujú základnú informáciu o hydrologickom potenciáli oboch období, ale hodnotíme najmä dlhodobé hydrologické charakteristiky malej vodnosti s vodohospodárskym, environmentálnym a ekonomickým dopadom - 330, 355 a 364 denné prietoky. Porovnáваме hodnoty odčítané z čiary prekročenia priemerných denných prietokov spracované z obdobia 1931-1980 a 1961-2000. Vyčíslené sú pomerné hodnoty:

- $K_{Q_a} = Q_a(1961-2000) / Q_a(1931-1980)$
- $K_{Q_{330}} = Q_{330}(1961-2000) / Q_{330}(1931-1980)$
- $K_{Q_{355}} = Q_{355}(1961-2000) / Q_{355}(1931-1980)$
- $K_{Q_{364}} = Q_{364}(1961-2000) / Q_{364}(1931-1980)$

Predložené hodnotenie je v sieti vodomerných staníc Slovenského hydrometeorologického ústavu. Zahnuté sú všetky vodomerné stanice, ktoré v rokoch 1961-2000 mali vyhodnocovaný prietok. Celé hodnotenie sme rozdelili na dve časti: povodia so zásadne ovplyvneným hydrologickým režimom a ostatné povodia, pretože v súčasnej dobe povodia

v úplne prirodzenom režime sú vzácnosťou. Hodnotenia vychádzajú z napozorovaných údajov a konštatujú skutkový stav v poslednom 40-ročí minulého storočia. Výsledky hodnotenia v prvej skupine hodnotených profilov ukazujú na hospodárenie s vodami, výsledky hodnotenia v druhej skupine prezentujú (v určitom priblížení) porovnanie hydrologických režimov v dvoch obdobiach.

Spracovanie dlhodobých hydrologických charakteristík v profiloch s výrazne ovplyvneným režimom má tiež svoj význam: jednak poukazuje na mieru ovplyvnenia a tiež poukazuje do akej miery sú dodržiavané rozhodnutia štátnej vodnej správy [6]. Pre tieto profily budú v budúcnosti stanovené M-denné prietoky, vyjadrujúce prirodzený hydrologický potenciál a jeho zmeny. Ide o veľmi zložitý proces, vyžadujúci nielen výsledky hydrologického monitoringu, ale aj vodohospodárskej evidencie a znalosť miery ovplyvnenia jednotlivých tokov.

## HODNOTENIE V PROFILOCH S OVPLYVNENÝM HYDROLOGICKÝM REŽIMOM

V tejto časti príspevku porovnávame hodnotu  $Q_{355}$  vo vodomerných staniaciach, v ktorých prietokový režim je zásadne ovplyvnený buď činnosťou nádrží, alebo odbermi či vypúšťaním povrchovej vody. Dlhodobé hydrologické údaje, priemerné ročné a mesačné prietoky, M denné prietoky sú rozpracované tak, aby predstavovali neovplyvnený režim odtoku, resp. vyjadrovali prirodzený hydrologický potenciál povodia. Spracovanie dlhodobých hydrologických charakteristík v profiloch s výrazne ovplyvneným režimom nám odhalí mieru ovplyvnenia a tiež ukáže, ako sú dodržiavané rozhodnutia štátnej vodnej správy, týkajúce sa manipulačných poriadkov nádrží. Pri stanovovaní minimálnych bilančných prietokov na úsekoch tokov pod nádržami boli totiž ako východiskové hydrologické údaje použité práve hodnoty  $Q_{355}$  a  $Q_{364}$ . Porovnanie nám môže odhaliť aj „úroveň konsenzu“ medzi vodohospodármi, energetikmi a ekológmi.

Optimálna činnosť nádrží by mala v podstate vyrovnávať čiary prekročenia, to znamená že hodnoty  $Q_{330}$ ,  $Q_{355}$  a  $Q_{364}$  by mali byť väčšie ako hodnoty v referenčnom období.

Ako je to v skutočnosti? Výsledky uvádzame v Tabuľke 1. Koeficienty K sú podiely charakteristík  $Q_a$ ,  $Q_{330}$ ,  $Q_{355}$  a  $Q_{364}$  (1961-2000)/(1931-1980). Pod nádržou Liptovská Mara je hodnota  $Q_{355}$  za obdobie 1961-2000 väčšia ako za referenčné obdobie, podobne ako na Bystrici (Váh) pod nádržou Nová Bystrica.  $Q_{355}$  na Orave v Tvrdošíne predstavuje iba 15 % rovnakej hodnoty za referenčné obdobie, napriek tomu, že na všetkých prítokoch do Oravskej nádrže je nárast tejto hodnoty, ako je to zrejme z porovnávania profilov v neovplyvnenom hydrologickom režime. Medzi-povodie Oravy po Dierovú (prítoky z Malej Fatry a Západných Tatier) však dokázali nepriaznivý vplyv Oravskej nádrže a vyrovnávacej nádrže v Tvrdošíne na režim minimálnych prietokov do značnej miery eliminovať. Na Slatine nádrž Hriňová spôsobila výrazné zmenšenie hodnoty  $Q_{355}$ , no nádrž Môt'ová dokázala pravý opak. Na Blhu v Rimavske Seči (pod Teplým Vrchom) prakticky nedošlo k zmene

$Q_{355}$  (a ani k zmene vodnosti, čo je na juhu Slovenska skôr výnimkou). Odbery vody počas vegetačného obdobia sa však už výrazne prejavili na poklese  $Q_{364}$ . Prevod vody z Palmanskej Maše do Slanej zmenšil hodnoty  $Q_{355}$  na Hnilci, pričom jeho vplyv po toku postupne doznieva. Pod nádržou Ružín, napriek celkovému poklesu vodnosti, je  $Q_{355}$  väčší za obdobie 1961-2000, pokles charakteristík  $Q_{355}$  a  $Q_{364}$  na Ciroche nepripisujeme činnosti nádrže Starina. Z dlhodobého hľadiska nádrž Domaša zlepšuje hydrologickú situáciu v obdobiach malej vodnosti, pričom na Ondave pokles celkovej vodnosti je iba nepatrný. Vodomerná stanica Laborec - Stráňany leží pod rozdeľovacím objektom do Vihorlatskej nádrže, preto tak pokles  $Q_a$ , ako aj  $Q_{355}$  a  $Q_{364}$  je pochopiteľný. Ďalšia vodomerná stanica v Meďove sa však nachádza pod nádržou a dlhodobý priemerný prietok poklesol oproti prietoku za referenčné obdobie o 12 %, čo je najviac zo všetkých rozhodujúcich tokov sústavy Bodrog. Keďže ani na hornom úseku Laborca, ani na Ciroche k tak výraznému poklesu vodnosti nedošlo, vysvetlenie tejto zmeny bude vyžadovať podrobnejšiu analýzu. Dôležité je porovnanie hydrologických charakteristík na Bodrogu v Strede nad Bodrogom. Povodie Bodrogu tvorí takmer 15 % celkovej plochy územia Slovenska a predstavuje nezanedbateľný disponibilný hydrologický potenciál. Porovnanie období vyznieva priaznivo pre „novšie“ obdobie 1961-2000. Došlo síce k nepatrnému poklesu vodnosti, zároveň sa pomerne signifikantne vyrovnal charakter čiary prekročenia priemerných denných prietokov.

Odbery vody a prevody vody pre pitné účely síce negatívne ovplyvňujú hydrologický režim v povodiach tokov, v ktorých sa realizujú, avšak tento pomerne náročný a nákladný spôsob bude aj v budúcnosti jedným zo spôsobov, ako riešiť problémy v zásobovaní vodou.

Tabuľka 1. Povodia s ovplyvneným hydrologickým režimom.

č. Tok	Profil	$K_{Qa}$	$K_{Q330}$	$K_{Q355}$	$K_{Q364}$
1 Čierny Váh	Čierny Váh	0,88	0,79	0,68	0,63
2 Váh	Hubová	0,93	1,14	1,20	1,19
3 Orava	Tvrdošín	0,83	0,34	0,15	0,06
4 Orava	Dierová	0,93	1,16	0,95	0,76
5 Bystrica	Zborov	0,91	1,17	1,12	1,08
6 Domanižanka	Považská Bystrica	0,73	0,31	0,16	0,08
7 Pružinka	Visolaje	0,85	0,67	0,57	0,42
8 Trnávka	Bohdanovce n/Trnavou	0,85	0,79	0,93	1,06
9 Blatina	Pezinok	0,87	0,76	0,62	0,50
10 Handlovka	Handlová	0,99	1,20	1,29	1,29
11 Bebrava	Biskupice	0,87	0,82	0,71	0,69
12 Bebrava	Nadlice	0,91	0,94	0,83	0,80
13 Bystrica	Harmanec	0,90	0,91	1,01	1,01
14 Starohorský	Staré Hory	0,91	0,73	0,63	0,50
15 Slatina	Hriňová	0,64	0,51	0,25	0,04
16 Slatina	Môt'ová	0,93	1,14	1,40	1,46
17 Tuhársky potok	Lučenec	0,92	1,42	0,94	0,50
18 Kriváňský potok	Lučenec	0,89	1,83	2,00	1,41
19 Slaná	Vlachovo	1,23	0,89	0,83	0,87
20 Slaná	Lenartovce	0,98	0,96	0,94	0,97
21 Blh	Rimavská Seč	0,99	1,02	1,07	0,35
22 Hnilec	Švedlár	0,70	0,70	0,73	0,79
23 Hnilec	Jaklovce	0,80	0,86	0,84	0,97
24 Hornád	Kysak	0,88	1,13	1,18	1,07
25 Cirocha	Snina	0,97	1,14	0,95	0,89
26 Kamenica	Kamenica	0,86	0,43	0,31	0,16
27 Laborec	Stráňany	0,47	0,80	0,81	0,65
28 Laborec	Michalovce	0,88	1,27	0,89	0,61
29 Ondava	Horovce	0,96	1,60	1,36	0,95
30 Bodrog	Streda n/Bodrogom	0,98	1,75	1,38	1,21

Odbery vody z povodia Čierneho Váhu spod Veľkého Boku môžu mesačne dosiahnuť až 400 l.s<sup>-1</sup>, čo sa pochopteľne prejavilo na zmenšení tak celkovej vodnosti, ako aj hodnôt  $Q_{355}$  a  $Q_{364}$ . Zachytenie výdatných prameňov zo zlomových línií Strážovských vrchov znamenalo výrazné ovplyvnenie hydrologického režimu na Bebrave, ale aj na Domanižanke a Pružinke. Práve tieto ľavostranné prítoky Váhu mali (okrem Dunaja) najvyrovnanjší režim odtoku zo všetkých slovenských tokov. Využívanie prameňov v južnej oblasti Veľkej Fatry viac ovplyvnilo vodnosť Starohorského potoka než Bystrice. Banské vody v povodí Handlovky vyrovnali hydrologický režim výraznejšie za obdobie 1961-2000 ako za referenčné obdobie 1931-1980, v súčasnej dobe však dochádza k útlmu banskej činnosti tak v oblasti Handlovej, ako aj Novák. Hydrologický potenciál Čiernej vody znížili predovšetkým odbery vody na závlahy, ostatné toky z juhovýchodných svahov Malých Karpát tak výrazný pokles vodnosti nezaznamenali.

## HODNOTENIE V POVODIACH BEZ ZÁSADNÉHO OVPLYVNENIA PRIRODZENÉHO HYDROLOGICKÉHO REŽIMU

Vyčíslené boli pomerné hodnoty pre 63 vodomerných staníc SHMÚ na celom území Slovenska, ktoré sú pre jednotlivé vodomerné stanice uvedené v Tabuľke 2. V Tabuľke 3 je hodnotenie súborov pomerných hodnôt základnými štatistickými parametrami.

Obdobie 1961-2000 bolo výrazne suchšie. Na Obrázku 1 sú zobrazené hodnoty  $K_{Qa}$  vo všetkých vodomerných staniaciach. V 78 % staníc došlo k poklesu priemerného ročného prietoku. Len 9 staníc zo 63 malo v období 1961-2000 vyšší prietok ako v referenčnom období, 5 staníc malo rovnaké priemerné ročné prietoky v oboch obdobiach. Najextrémnejší pokles viac ako 20 % sme zaznamenali vo vodomerných staniaciach: Žitava - Vieska nad Žitavou, Krupinica - Plášťovce, Litava - Plášťovce, Dobšinský potok - Dobšiná, Štítik - Štítik. Len jediná stanica mala stúpnutie o viac ako 10 %. Na Obrázku 5 je histogram hodnôt  $K_{Qa}$ . V intervale 0,91 až 1,0 je viac ako polovica hodnotených vodomerných staníc. Na Obrázku 9 a v Tabuľke 4 je príklad ako sa vyvíjala priemerná vodnosť v jednej z hodnotených staníc: Bystrianka - Bystrá. Hodnotené je prvé desaťročie 1961-1970 a následne obdobia predĺžené o 1 rok až po štyridsaťročie. Priemerná vodnosť týchto období má výrazne klesajúci trend.

Konkrétne hodnoty  $K_{Q330}$ ,  $K_{Q355}$ ,  $K_{Q364}$  v 63 hodnotených staniaciach sú v Tabuľke 2. V Tabuľke 3 sú uvedené štatistické parametre súborov K. Stredná hodnota u všetkých troch súborov je nižšia ako 1. Rozptyl rastie so zabezpečenosťou vodnosti. Na obrázkoch 2, 3 a 4 sú pre všetky hodnotené stanice zobrazené hodnoty  $K_{Q330}$ ,  $K_{Q355}$  a  $K_{Q364}$ . Rozptyl okolo pozície 1 je u všetkých troch súborov pomerne symetrický. Pokles hodnoty  $Q_{330}$  v období 1961-2000 sme zaznamenali v 51 %,  $Q_{355}$  v 44 % a  $Q_{364}$  v 56 % hodnotených staníc. Viac ako 20 % poklesu  $Q_{355}$  sme zaznamenali v 12 staniaciach, naopak stúpnutie o viac ako 20 % sme zaznamenali v 8 staniaciach. Na obrázkoch 6, 7 a 8 sú histogramy  $K_{Q330}$ ,  $K_{Q355}$  a  $K_{Q364}$ .

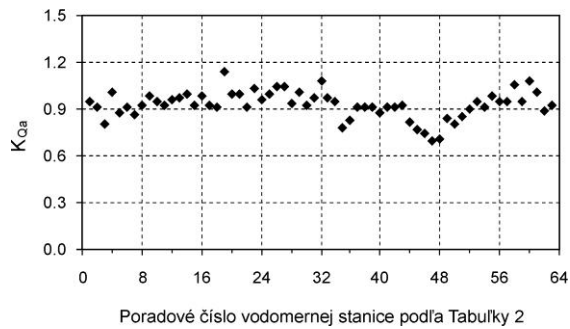
Tabuľka 2. Povodia bez zásadného ovplyvnenia hydrologického režimu.

č. Tok	Profil	$K_{Qa}$	$K_{Q330}$	$K_{Q355}$	$K_{Q364}$
1 Morava	Moravský Ján	0,95	1,07	1,15	1,18
2 Močiarka	Láb	0,91	0,81	0,67	0,55
3 Vydrica	Spariská	0,80	0,89	1,00	0,50
4 Dunaj	Bratislava	1,01	1,05	1,09	1,19
5 Čierny Váh	Ipoltica	0,88	0,75	0,58	0,32
6 Biely Váh	Východná	0,91	0,89	0,88	0,78
7 Boca	Kráľová Lehota	0,86	0,90	0,88	0,92
8 Váh	Liptovský Hrádok	0,93	0,89	0,87	0,96
9 Belá	Podbanské	0,98	1,02	1,04	1,18
10 Váh	Liptovský Mikuláš	0,95	1,01	1,05	1,01
11 Ľupčianka	Partizánska Ľupča	0,92	0,99	0,97	0,84
12 Revúca	Podsúchá	0,96	1,11	0,98	0,88
13 Ľubochňanka	Ľubochňa	0,97	1,05	1,03	0,85
14 Biela Orava	Lokca	1,00	1,05	1,02	0,93
15 Veselianka	Oravská Jasenica	0,93	1,02	0,96	0,84
16 Polhoranka	Zubrohľava	0,98	1,13	1,18	1,28
17 Oravica	Trstená	0,92	1,00	1,00	1,03
18 Turiec	Martin	0,91	0,93	0,97	1,03
19 Varínka	Stráža	1,14	1,20	1,14	0,75
20 Kysuca	Čadca	1,00	1,05	1,09	0,89
21 Kysuca	Kysucké N. Mesto	1,00	1,24	1,28	1,24
22 Rajčianka	Poluvsie	0,91	0,98	1,02	1,11
22 Petrovička	Bytča	1,03	1,22	1,30	0,85
24 Petrinovec	Vydrná	0,96	0,85	0,77	0,86
25 Biela Voda	Dohňany	1,00	0,86	0,79	0,60
26 Vlára	Horné Srnie	1,04	0,82	0,73	0,72
27 Jablonka	Čachtice	1,05	1,13	1,24	0,83
28 Parná	Horné Orešany	0,94	0,83	0,79	0,76
29 Gidra	Píla	1,01	0,92	0,89	0,79
30 Nitra	Nedožery	0,92	0,98	1,04	1,02
31 Nitra	Chalmová	0,97	1,34	1,36	1,28
32 Nitrica	Liešťany	1,08	1,00	1,01	0,82
33 Nitra	Chynorany	0,97	1,24	1,29	1,31
34 Nitra	Nitrianska Streda	0,95	1,18	1,25	1,30
35 Žitava	Vieska nad Žitavou	0,78	1,17	1,14	1,10
36 Hron	Zlatno	0,83	0,81	0,82	0,84
37 Hron	Brezno	0,91	1,02	1,04	1,11
38 Čierny Hron	Hronec	0,91	0,96	0,97	0,97
39 Bystrianka	Bystrá	0,91	0,68	0,63	0,69
40 Štiavnica	Mýto pod Ďumbierom	0,88	0,79	0,88	1,06
41 Vajskovský potok	Dolná Lehota	0,91	0,85	0,86	0,96
42 Hron	Banská Bystrica	0,91	0,91	0,98	1,09
43 Hron	Brehy	0,92	0,95	0,97	1,09
44 Ipeľ	Holiša	0,82	1,25	1,43	1,46
45 Krupinica	Plášťovce	0,77	0,97	0,91	0,59
46 Litava	Plášťovce	0,74	0,91	0,77	0,77
47 Dobšinský potok	Dobšiná	0,70	0,68	0,65	0,70
48 Štítik	Štítik	0,71	0,85	1,00	1,00
49 Rimavica	Lehota n/Rimavicou	0,84	0,76	0,75	0,90
50 Bodva	Nižný Medzev	0,80	0,62	0,63	0,85
51 Hnilec	Stratená	0,85	0,88	0,79	0,72
52 Sekčov	Prešov	0,90	1,11	1,14	1,31
53 Torysa	Košické Olšany	0,95	0,99	1,04	1,00
54 Hornád	Ždaňa	0,91	1,09	1,12	1,00
55 Laborec	Koškovce	0,99	1,09	1,15	1,33
56 Uh	Lekárovce	0,95	1,13	1,01	0,98
57 Okna	Remetské Hámre	0,95	1,01	1,03	1,31
58 Latorica	Veľké Kapušany	1,06	1,05	1,11	1,10
59 Topľa	Hanušovce n/Toľou	0,95	1,03	1,13	1,25
60 Olka	Jasenovce	1,08	1,19	1,26	0,86
61 Javorinka	Podspády	1,01	0,92	1,00	0,92
62 Poprad	Poprad	0,89	1,00	1,05	1,28
63 Poprad	Chmelnica	0,92	0,91	0,90	0,87

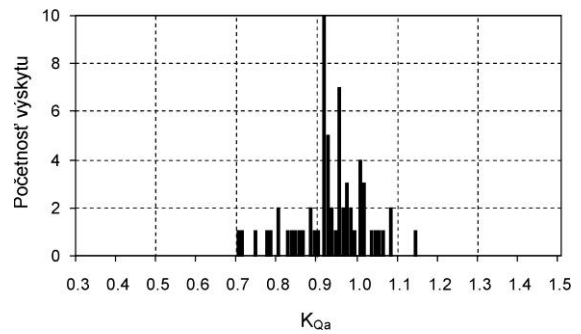
Tabuľka 3. Základné štatistické parametre súborov  $K_{Qa}$ ,  $K_{Q330}$ ,  $K_{Q355}$ ,  $K_{Q364}$ .

Štatistický parameter	$K_{Qa}$	$K_{Q330}$	$K_{Q355}$	$K_{Q364}$
Stredná hodnota	0,93	0,98	0,99	0,96
Smerodajná odchýlka	0,09	0,15	0,19	0,23
Koeficient variácie	0,01	0,02	0,03	0,05
Variačné rozpätie	0,44	0,72	0,85	1,14
Minimum	0,70	0,62	0,58	0,32
Maximum	1,14	1,34	1,43	1,46

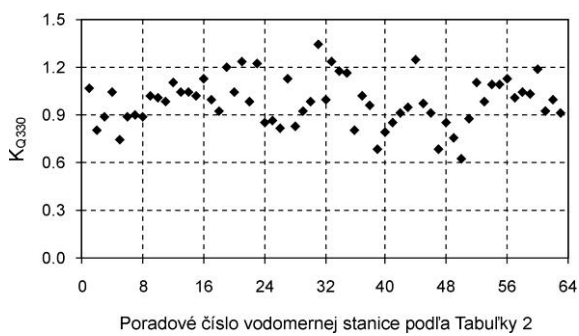
Obrázok 1.  $K_{Qa}$  v hodnotených povodiach.



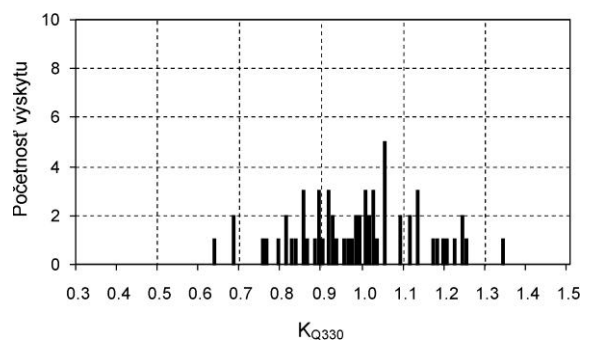
Obrázok 5. Histogram  $K_{Qa}$ .



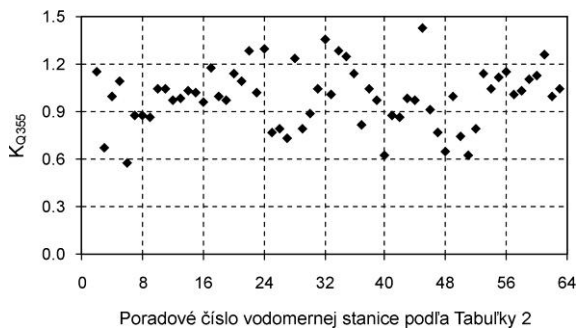
Obrázok 2.  $K_{Q330}$  v hodnotených povodiach.



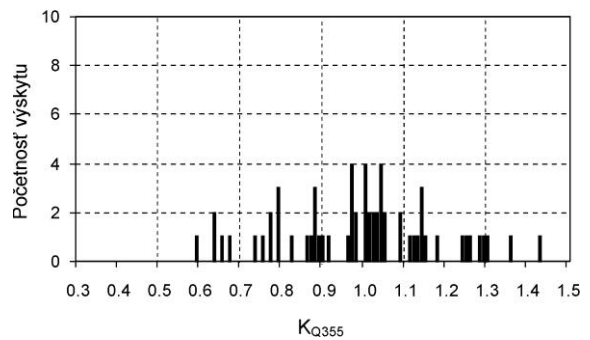
Obrázok 6. Histogram  $K_{Q330}$ .



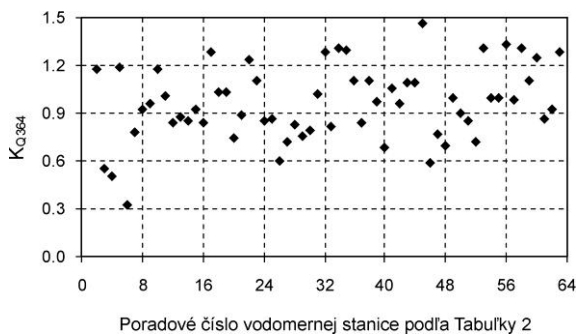
Obrázok 3.  $K_{Q355}$  v hodnotených povodiach.



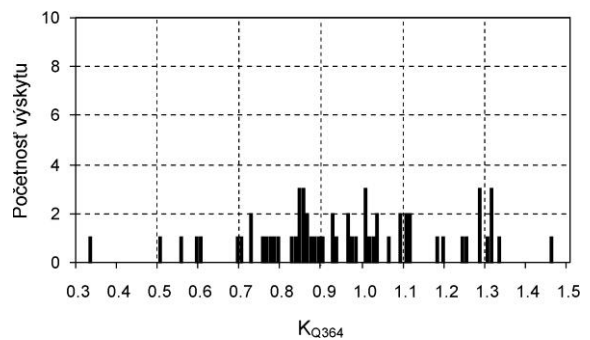
Obrázok 7. Histogram  $K_{Q355}$ .



Obrázok 4.  $K_{Q364}$  v hodnotených povodiach.



Obrázok 8. Histogram  $K_{Q364}$ .

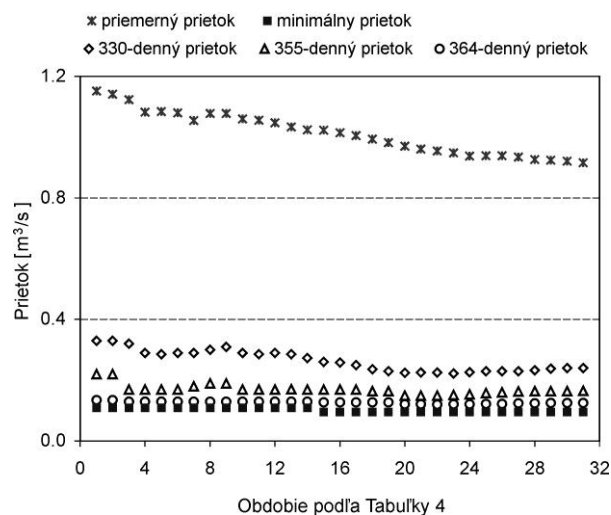




Tabuľka 4. Vybrané hydrologické charakteristiky vo vodomernej stanici Bystrianka-Bystrá.

č.	Obdobie	Q <sub>330</sub>	Q <sub>355</sub>	Q <sub>364</sub>	Q <sub>Min</sub>	Q <sub>a</sub>
1	1961-1970	0,330	0,220	0,135	0,110	1,152
2	1961-1971	0,330	0,220	0,135	0,110	1,141
3	1961-1972	0,320	0,170	0,130	0,110	1,123
4	1961-1973	0,290	0,170	0,130	0,110	1,082
5	1961-1974	0,285	0,170	0,130	0,110	1,084
6	1961-1975	0,290	0,170	0,130	0,110	1,080
7	1961-1976	0,290	0,180	0,130	0,110	1,055
8	1961-1977	0,300	0,190	0,130	0,110	1,078
9	1961-1978	0,310	0,190	0,130	0,110	1,078
10	1961-1979	0,290	0,170	0,130	0,110	1,060
11	1961-1980	0,285	0,170	0,130	0,110	1,056
12	1961-1981	0,290	0,170	0,130	0,110	1,047
13	1961-1982	0,285	0,171	0,130	0,110	1,034
14	1961-1983	0,273	0,170	0,130	0,110	1,024
15	1961-1984	0,260	0,170	0,128	0,096	1,023
16	1961-1985	0,258	0,170	0,128	0,096	1,015
17	1961-1986	0,250	0,170	0,128	0,096	1,005
18	1961-1987	0,236	0,164	0,127	0,096	0,994
19	1961-1988	0,230	0,164	0,127	0,096	0,982
20	1961-1989	0,224	0,150	0,121	0,096	0,970
21	1961-1990	0,225	0,150	0,121	0,096	0,961
22	1961-1991	0,225	0,150	0,120	0,096	0,954
23	1961-1992	0,222	0,152	0,121	0,096	0,948
24	1961-1993	0,226	0,154	0,121	0,096	0,938
25	1961-1994	0,230	0,158	0,122	0,096	0,939
26	1961-1995	0,230	0,160	0,122	0,096	0,939
27	1961-1996	0,230	0,163	0,124	0,096	0,935
28	1961-1997	0,233	0,164	0,124	0,096	0,926
29	1961-1998	0,238	0,164	0,125	0,096	0,924
30	1961-1999	0,240	0,164	0,125	0,096	0,921
31	1961-2000	0,240	0,165	0,125	0,096	0,916

Obrázok 9. Vývoj priemernej vodnosti a malej vodnosti vo vodomernej stanici Bystrianka-Bystrá.



Na Obrázku 9 a podľa Tabuľky 4 vidno ako sa vyvíjali hodnotené vodnosti v čase na príklade Bystrianky v Bystrej - priemerná vodnosť v čase neustále klesá, ale minimá z roku 1984 neboli doteraz prekonané (príklad na polohový charakter 355 dennej vodnosti).

## ZÁVER

V predloženom článku hodnotíme štatistické hydrologické charakteristiky určené z priamo napozorovaných hodnôt vo vodomernej sieti SHMÚ. Napriek všeobecnému očakávaniu k fatálnemu, celoplošnému poklesu hodnôt M - denných prietokov s vysokou pravdepodobnosťou prekročenia nedošlo. Hodnotené hydrologické charakteristiky Q<sub>355</sub> a Q<sub>364</sub> sú polohovými charakteristikami v zostupne zoradenom súbore priemerných denných prietokov za hodnotené obdobie. Za dlhoročné obdobie v povodiach bez zásahu ľudskej činnosti odrážajú hydrologický režim povodia v jeho dolnom extréme, ktorý je determinovaný najmä výskytom meteorologického sucha v povodí a následne miestnymi hydrogeologickými, morfo-metrickými a prírodnými vlastnosťami povrchu povodia. K zníženiu tejto charakteristiky dochádza pri výskyte dlhotrvajúceho extrémneho meteorologického sucha, kedy sú nízke prietoky vytlačané na vyššie pozície. Takéto sucha v jednom roku zmení hodnotenú charakteristiku pre celé dlhoročné obdobie. V povodiach v ktorých hydrologické sucha na začiatku posledného desaťročia minulého storočia bolo výraznejšie dosiahnutými minimálnymi prietokmi, ale najmä dĺžkou trvania ako hydrologické sucha v období 1947-1949 zaznamenávame pokles Q<sub>355</sub>. Tak tomu bolo v povodiach juhovýchodného Slovenska. Niekedy sa namieta, že výsledok nemožno považovať za priemernú čiaru normálneho roku, lebo konce krivky prekročenia obsahujú všetky extrémne prietoky jednotlivých rokov. Niektorí autori preto odporúčajú určovať M - denné prietoky za dlhoročné obdobie ako aritmetický priemer z jednotlivých rokov. Tento spôsob určenia má informatívny praktický charakter, ale teoreticky nie je správny. Určovanie dlhodobých charakteristík Q<sub>355</sub> a Q<sub>364</sub> je preto veľmi citlivé na výber obdobia spracovania – nemalo by obsahovať extrémne suché roky. Extrémne hodnoty málovodnej odtokovej fázy sú popísané N - ročnými minimálnymi prietokmi, N-ročnými nedostatkovými objemami, prípadne N-ročnými časmi trvania hydrologického sucha.

Pri formulovaní záverov je nutné prihliadať aj na skutočnosť, že povodia s nedotknutým hydrologickým režimom v dnešnej dobe sú už veľkou vzácnosťou. Vplyv ľudskej činnosti na režim minimálnych prietokov mnohokrát nemôžeme eliminovať. V horných povodiach v ktorých nie je vodohospodárska činnosť malá vodnosť môže byť ovplyvnená podzemnými odbermi v dolnom povodí. V malých povodiach aj obecné užívanie, ku ktorému nie je potrebné vodohospodárske rozhodnutie môže ovplyvniť prietoky v čase výskytu malej vodnosti. Stanovenie uvedených charakteristík malej vodnosti je citlivé nielen na umelé zásahy, ale aj na vlastnosti koryta. Hlavne v krasových územiach, ale aj v územiach flyšových a v náplavových kuželoch sa časť odtoku nerealizuje v koryte. Rovnako spôsob vyhodnotenia minimálnych prietokov počas zimného obdobia vyžaduje zložitejší postup nielen pri spracovaní hydrologického materiálu, ale aj pri vypracovaní hydrologických charakteristík. Všetky tieto skutočnosti komplikujú vyhodnotenie prirodzených charakteristík malej vodnosti.

Napriek nášmu záveru, že k výraznému celoplošnému poklesu hydrologických charakteristík dolného extrémneho odtokového režimu -  $Q_{355}$  a  $Q_{364}$  nedošlo, treba zdôrazniť skutočnosť, že obdobie 1961-2000 bolo výrazne menej vodné. Pokles priemernej vodnosti. 86 % hodnotených staníc, hovorí jasnou rečou. Zaujímavé by bolo vyčíslenie odtečeného objemu vody z územia Slovenska v období 1931-1980 a v období 1961-2000. Vývoj vodných zdrojov na Slovensku nemožno považovať za dobrý, preto identifikácii prirodzeného hydrologického potenciálu, zmien vodnej bilancie a evidencii o vodách je potrebné venovať adekvátnu pozornosť, ktorá zásadným spôsobom prispieje pri ochrane a účelnom využívaní vôd.

V hydrologickej službe SHMÚ prebieha spracovanie hydrologických charakteristík z nového referenčného obdobia 1961-2000. Charakteristiky hydrologickej bilancie - úhrn zrážok na povodie, odtoková výška, priemerný prietok, ako aj dlhodobé priemerné mesačné prietoky budú ukončené v roku 2005. Relatívne hodnoty M denných prietokov (pomer ku priemernému ročnému prietoku v spracovanom období) majú podobne ako priemerné prietoky regionálny charakter a ich spracovanie nadväzuje na priemerné prietoky. Pri výpočte neovplyvnených hodnôt M-denných prietokov je potrebné zachovať integrovaný prístup, využívajúci regionálny princíp, všetky možnosti hydrologickej databanky, spoluprácu s vyvíjajúcou sa databázou vodohospodárskej evidencie. Zdroj informácií, získaných či už počas expedičných meraní, ako aj v rámci terénnych prác pri posudkovej činnosti je pri hodnotení nepostrádateľný. Pri konečnom určovaní M - denných prietokov, ktoré patria do kategórie malej vodnosti a pri ich prípadnej zmene je kauzálny vzťah s meteorologickým suchom a hydrogeológiou povodia najpodstatnejší.

Je treba pripomenúť aj skutočnosť, ktorú nemôžeme a ani nechceme ignorovať, že hlavná environmentálna a vodohospodárska funkcia  $Q_{355}$  bude v súvislosti s im-

plementáciou Rámцovej smernice o vodách revidovaná. Režimové hydrologické charakteristiky malej vodnosti, ktoré prezentujú dolný extrém hydrologického režimu, medzi ktoré patrí  $Q_{355}$  budú mať pri zabezpečení dobrého ekologického stavu v povrchových tokoch rovnocennú úlohu s ďalšími prvkami: hydrologickými, morfológickými, fyzikálnymi a chemickými, ktoré zabezpečia dobrý ekologický stav povrchových tokov tak, aby biologické prvky kvality spĺňali podmienky pre dobrý ekologický stav povrchových vôd. Prietok zabezpečujúci celý komplex týchto požiadaviek na tok sa môže diametrálne odlišovať od hodnôt, ktoré mali doteraz zabezpečovať a ochraňovať naše povrchové toky.

## LITERATÚRA

- [1] *Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October establishing a framework for Community action in the field of water policy.*
- [2] *Hydrologické charakteristiky slovenských tokov. SHMÚ Bratislava 1988.*
- [3] Demeterová, B., *Služby aplikovanej hydrologie pre vodné hospodárstvo a ochranu životného prostredia. In: Práce a štúdie 63. Bratislava: SHMÚ Bratislava 2000.*
- [4] Kupčo, M., *Dlhodobé M - denné prietoky vo vodomerných staniaciach a ich územná premenlivosť. Zborník prác SHMÚ 29/1, SHMÚ Bratislava 1982.*
- [5] Majerčáková, O., Lešková, D., *The brief overview of the low flow characteristics of the FRIEND watersheds from Slovak territory. [Report for Project 2], LOW FLOW GROUP Meeting No.6, Wroclaw, Poland, SHMÚ Bratislava.*
- [6] Poórová, J., Škoda, P., *Vplyv užívania vody na hydrologický režim. Zborník prác SHMÚ 41, SHMÚ Bratislava, 1997.*
- [7] Škoda, P., Poórová, J., Demeterová, B., Podolinská, J., *Porovnanie prietokových radov za obdobie 1931-1980 a 1931-1995. Správa pre národný klimatický program. Projekt MŽP SR 340 - 20. SHMÚ, Bratislava 1996.*

# INFORMÁCIE INFORMATION

## NÁVŠTEVA PREDSTAVITEĽOV NÁRODNEJ SLUŽBY POČASIA USA NA SLOVENSKU

V dňoch 22.-24. septembra 2004 sme privítali na pôde Slovenského hydrometeorologického ústavu (SHMÚ) dvoch významných predstaviteľov Národnej služby počasia (National Oceanic and Atmospheric Administrative - NOAA NWS) Spojených štátov amerických: generála Davida L. Johnsona, riaditeľa NWS USA a p. Curtisa Barretta, programového manažera medzinárodných aktivít NWS USA. Ide o historicky prvú pracovnú návštevu zástupcov NOAA NWS USA na Slovensku, o to významnejšiu, že túto organizáciu zastupoval jej najvyšší predstaviteľ.

Bohatý program sprevádzal vzácnu návštevu po celú dobu pobytu. Dňa 22. 9. 2004 sa konala návšteva pracovísk odborných divízií SHMÚ na Kolibe. Uskutočnila sa prezentácia predpovedí a výstrah, tak na divízii Meteorologická služba, ako aj na divízii Hydrologická služba. Hostia sa oboznámili s úlohami a zameraním nedávno vzniknutej divízie Integrovaný manažment, s dôrazom na program POVAPSYS - „Predpovedný a varovný povodňový systém Slovenskej republiky“. Prezreli si počítačovú sálu s vybavením superpočítača IBM - v súčasnej dobe považovaného za jeden z najvýkonnejších počítačov na Slovensku. Boli oboznámení s jeho parametrami, funkciami, najmä vo vzťahu k jeho využívaniu v podmienkach SHMÚ, ako aj so základnými informáciami, týkajúcimi sa telekomunikačnej siete SHMÚ, telekomunikačného počítača a výpočtovú techniku na SHMÚ.

Na programe bola aj ukážka prác v skúšobných laboratóriách, ktoré sú akreditované Slovenskou národnou akreditačnou službou a slúžia k vykonávaniu skúšok fyzikálnych a chemických vlastností vo vzorkách ovzdušia a v atmosférických zrážkach.

Dopoludňajšiu prezentáciu ukončila prehliadka vetromerného tunela, ktorý slúži na kalibráciu anemometrov. Návštevníci si so záujmom prezreli aj kalibračné laboratória pre meteorologické prístroje, s funkciou kalibrácie meradiel bežne používaných v staničnej sieti SHMÚ. Potom nasledoval krátky pracovný obed v jedálni SHMÚ.

Popoludnie (v čase od 13.00 do 16.00 h) bolo venované prednáškam, ktoré pozostávali z dvoch tém: „Organizácia a financovanie Národnej služby počasia USA“ a „Meteorologické a hydrologické predpovedné, varovné a výstražné systémy USA“. Zaujímavé a podnetné informácie, doplnené obrázkami a plnohodnotnou diskusiou zaujali kinosálu, zaplnenú poslucháčmi, nielen z radov SHMÚ, ale aj zástupcov viacerých vodohospodárskych inštitúcií, škôl a univerzít, ministerstva ŽP SR a zástupcov médií.

Rokovanie a plodná diskusia pokračovali aj na pracovnej večeri za účasti manažmentu SHMÚ v bratislavskej reštaurácii „Modrá guľa“. Večer sa však ešte nekončil, pretože nasledoval priamy 30-minútový vstup v televízii TA3, a to za účasti oboch zástupcov NWS USA na aktuálnu tému výskytu hurikánov.

Štvrtok 23.9.2004 bol zameraný na prehliadku a oboznámenie sa s vybranými pracoviskami mimo hlavného ústredia SHMÚ. Uskutočnila sa prehliadka pracoviska Dištančných meraní radarového centra na Malom Javorníku s ukázkou príjmu a spracovania údajov z meteorologických rádiolokátorov a družíc a systému na detekciu atmosférických výbojov, ako aj produktov dištančných meraní.

Ďalšou zástavkou bolo observatórium v Jaslovských Bohuniciach s prehliadkou pracoviska a výhľadom na krajinu z 200 m meteorologického stožiaru, ktorý slúži na meranie meteorologických prvkov v rôznych hladinách ovzdušia.

Po krátkej obedňajšej prestávke sa účastníci presunuli do obce Vrbovce, kde SHMÚ zrealizoval pilotný projekt „Lokálny varovný systém - LVS“, zameraný na skoré varovanie pred privalovými povodňami. Ani neustály a nepríjemný dážď neodradil našich návštevníkov od prehliadky meracích staníc, ktoré sú inštalované vo vonkajšom prostredí. Na Obecnom úrade Vrbovce sa uskutočnila prezentácia funkčnosti LVS. Na záver starosta obce Vrbovce odpovedal na podrobné otázky našich hostí, týkajúce sa prínosu meracích staníc pre ochranu obce.

Posledný bod programu tohto pracovného dňa, na ktorý bola naplánovaná prehliadka Automatickej hydrologickej stanice v profile Devín na rieke Dunaj, bol vypustený z dôvodu nedostatku času.

Večer sa predstavitelia NWS USA zúčastnili oficiálneho prijatia na Veľvyslanectve USA v Bratislave.

Záverečný deň pracovného pobytu našich hostí bol zameraný na diskusiu o možnej spolupráci medzi Slovenským hydrometeorologickým ústavom a Národnou službou počasia USA. Bol dohodnutý okruh tém a otázok v oblasti meteorológie a hydrológie. Už teraz možno konštatovať, že predpoklad vzájomnej spolupráce sa naplňuje, keďže predstavitelia NWS po návrate do USA prediskutovali námety, predložené SHMÚ a odsúhlasili jednotlivé témy spolupráce.

V oblasti meteorológie sa spolupráca bude týkať nasledovnej problematiky: predpoveď intenzívnych zrážok, dáta a riadenie dát, nowcasting, prognózy na nebezpečné javy a analýzy a v oblasti hydrológie - problematiky, súvisiacej s riešením projektu POVAPSYS: predpovedný hydrologický model na rieke Hron a predpovedný systém prívalových povodní v povodí rieky Morava.

Na záver možno konštatovať, že napriek krátkemu času, vyplnenému však veľmi zaujímavým a pracovne „nabitým“ programom, sa nám podarilo oboznámiť našich hostí s aktivitami národnej hydrometeorologickej služby Slovenska, s víziami do budúcnosti a čo je hlavné, upriamiť našu pozornosť na možnú spoluprácu s Národnou službou počasia USA, čoho výsledok sa môže prejaviť v krátkej budúcnosti a pomôcť našim odborníkom.

Záverom treba len dodať, že pre tých, čo mali možnosť osobne sa stretnúť s generálom D. L. Johnsonom ako aj s pánom C. Barrettom, zostáva príjemná spomienka na vynikajúcich odborníkov, skvelých manažérov, a zároveň milých a príjemných ľudí. Verím, že stretnutie s nimi nás obohatilo o nové skúsenosti a poznatky. Vďaka za túto možnosť!

*Mária Mirtová  
SHMÚ, Bratislava*

## METEOROLOGICKÉ PODUJATIA V NICE

V dňoch 26.9.-1.10.2004 sa v kongresovej hale ACROPOLIS v Nice konali tri dôležité podujatia, spojené s meteorológiou a klimatológiou. V prvom rade to bola 4. Výročná schôdza Európskej meteorologickej spoločnosti (EMS). Druhým podujatím bola 5. Európska konferencia o aplikovanej klimatológii (ECAC) a tretím Zasadanie technickej komisie COST pre meteorológiu.

Európska meteorologická spoločnosť je združením 31 meteorologických spoločností, alebo príbuzných spoločností z 26 európskych krajín, okrem nich spája aj 20 asociovaných členov, ktorými sú organizácie, alebo firmy, pracujúce na európskom teritóriu (napr. EUMETSAT, VAISALA, ale aj meteorologické služby Rakúska, V. Británie, Nemecka, Česka atď.). Nepriamo EMS reprezentuje 10 000 členov meteorologických spoločností. Má sídlo v Berlíne. Slovenská meteorologická spoločnosť je členom EMS od roku 2000, na výročnej schôdzi našu meteorologickú spoločnosť zastupoval predseda jej hlavného výboru.

EMS má viacero komisií (akreditačnú, pre vzdelávanie, pre médiá, pre udeľovanie cien, publikačnú a pod). Od roku 2003 sa výročne schôdze striedavo spájajú s klimatologickými (ECAC) a meteorologickými (ECAM) konferen-

ciami. V budúcom roku bude 5. Výročná schôdza EMS spojená so 7. Európskou konferenciou o aplikovanej meteorológii (ECAM 2005) v Utrechte v dňoch 12.-16.9.2005 (viac informácií na [ECAM2005@knmi.nl](mailto:ECAM2005@knmi.nl)).

Program 5. Európskej konferencie o aplikovanej klimatológii prebiehal v jedenástich sekciách, zaoberajúcimi sa rôznymi aspektmi klimatickej zmeny, dynamickou a historickou klimatológiou, rizikami, informačnými systémami a medzinárodnou spoluprácou v klimatológii. Slovensko malo účasť v sekcii AC3 Detekcia a trendy klimatickej zmeny s príspevkom: Lapin M., Šťastný P.: Significant Changes in the Regime of Selected Climatological Elements at Hurbano.

EMS spoluorganizovala ďalšie pridružené sekcie, a to Média, Vzdelávanie a informácia verejnosti a Prístroje a metódy pozorovania. Médiam sa venuje veľká pozornosť, aj Slovenská meteorologická spoločnosť organizuje začiatkom novembra pre širiteľov meteorologických informácií odborný seminár.

COST – medzivládny rámec pre európsku spoluprácu na poli vedeckého a technického výskumu zahŕňa teraz 15 vedeckých a technologických odborov. Jedným z nich je meteorológia. V priebehu konferencie ECAC 2004 prebiehali súčasne schôdze viacerých akcií COST 715, COST725, COST718, COST719 a COST728. Okrem toho, na technickej komisii boli schválené ďalšie nové akcie (viac o COST-e na <http://cost.cordis.lu>). Zasadania technickej komisie sa zúčastnil Národný delegát v technickej výbore COST pre meteorológiu za Slovensko.

Celkove sa na uvedených akciách v Nice zúčastnilo 450 účastníkov na viac ako 50 sekciách, sympóziách, schôdzach a workshopoch.

*Pavel Šťastný  
SHMÚ, Bratislava*

## AKČNÝ PROGRAM TRVALO UDRŽATEĽNEJ OCHRANY PRED POVODŇAMI V POVODÍ DUNAJA

Výskyt povodní patrí medzi najsledovanejšie prírodné javy, pričom sa pozornosť venuje najmä ich veľkosti, rozsahu a frekvencii výskytu. V období od roku 1997 do roku 2002 bolo v Európe zaznamenaných viac ako 100 ničivých povodní, vrátane povodní v roku 1997 a 2002 s katastrofálnymi následkami v povodiach Dunaja, Labe, Odry a Visly. Od roku 1998 ich bilancia predstavuje stratu približne 700 životov, evakuáciou bolo postihnutých cez pol milióna ľudí a škody na majetku presiahli hodnotu 25 miliárd €<sup>1</sup>. Ohrozenie povodňami reprezentuje možnosť enormných ekonomických strát a z toho vyplývajúcich dôsledkov. Ako príklad možno uviesť povodie Rýna, kde na potenciálne záplavami ohrozených územiach žije viac ako 10 miliónov ľudí a možnosť škôd spôsobených povodňami môže podľa odhadu dosiah-

<sup>1</sup> 20 Commission of the European Communities. Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, The European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Flood risk management. Flood prevention, protection and mitigation. Brussels, 12.7. 2004.

nuť až 165 miliárd €<sup>2</sup>. Povodne, okrem ohrozenia životov a rozsiahlych ekonomických škôd, negatívne vplyvajú na celkový stav fyzického a predovšetkým psychického zdravia obyvateľstva.

Pretože príčiny povodní sú prirodzené a neovládateľné procesy, ich výskytu nemožno predchádzať a ani zabrániť. Napriek tomu sa dá komplexom cielených opatrení zmenšiť ich rozsah a aspoň čiastočne eliminovať aj nepriaznivé účinky extrémnych povodňových udalostí. V súčasnosti sa v povodňami postihnutých štátoch prijíma celý rad programov na prevenciu a zmiernenie škôd. Medzinárodná koordinácia takýchto programov môže zvýšiť efektívnosť protipovodňovej ochrany<sup>3</sup>.

### **Európske iniciatívy na prevenciu, zmiernenie škôd a ochranu pred povodňami**

Charakter povodní a rozsah ohrozenia povodňami sa pre jednotlivé územné regióny vyznačuje veľkou variabilitou. Vo vnútrozemských štátoch sú zdrojmi povodní takmer výlučne extrémne odtokové situácie na vodných tokoch, ale viaceré prímorské štáty (napríklad Holandsko, Nemecko, Taliansko, Veľká Británia, Poľsko) sú ohrozené povodňami tak v riekach ako aj na morskom pobreží. Povodne sú hydrologický jav ignorujúci štátne hranice a preto úsilie na zdokonalenie protipovodňovej ochrany zákonite nadobúda čoraz širší medzinárodný rozmer. K protipovodňovej ochrane je nevyhnutné pristupovať ako k súčasť integrovaného a komplexného riadenia vzájomne sa ovplyvňujúcich činností v povodiach riek. Európska únia a stratégia Európskej komisie v tejto oblasti smeruje aktivity do viacerých oblastí:

- do politiky v oblasti vedy a výskumu
  - budovanie odborného zázemia - výskumné aktivity orientované na ochranu pred povodňami,
  - vhodné metódy a nástroje na predpoveď a regulovanie priebehu povodní,
  - periodické školenia pracovníkov na lokálnej a na regionálnej úrovni, ako i pracovníkov zodpovedných za cezhraničnú spoluprácu;
- do regionálnej politiky (stratégia riadenia a správy – v regiónoch, kde sa v plnej miere neuplatňujú požiadavky Smernice zavádzajúcej inštitútu tzv. “mäkších zákonných” opatrení)
  - legislatívne nástroje - využiť a navrhnúť právne postupy na preklopenie medzier v medzinárodných dohovoroch a zmluvách,
  - k urýchlenému splneniu uvedených požiadaviek využívať štrukturálne fondy<sup>4</sup>, predovšetkým Európsky regionálny rozvojový fond<sup>5</sup> a Kohézny fond umožňujú v rámci infraštruktúry aj financovanie preventívnych investícií do protipovodňovej ochrany,

Európsky regionálny rozvojový fond môže prispieť aj k financovaniu infraštruktúry súvisiacej s výskumným a technologickým rozvojom,

- do poľnohospodárskej politiky (koordinovanou poľnohospodárskou stratégiou možno prispieť tiež k určitej redukcii rozsahu a dôsledkov ničivých povodní),
- do environmentálnej politiky (prijatím Rámcovej smernice o vode<sup>6</sup> bola starostlivo komplexne reštruktúrovaná politika a vytýčená stratégia ochrany vôd).

Viaceré členské štáty Európskej únie, napríklad Fínsko, Holandsko, Írsko, Rakúsko a Španielsko, majú v oficiálnych smerniciach a v textoch právnych noriem definované úrovne ochrany pred povodňami. Všeobecne majú úrovne ochrany rozdelené podľa kritérií, ktoré vychádzajú predovšetkým z hodnotenia počtu obyvateľov, ekonomických a kultúrnych hodnôt v ohrozovaných oblastiach.

V povodiach veľkých tokov ako sú Rýn, Odra, Maas, Dunaj, Saar, Mosella a Labe má koordinácia aktivít a úzka regionálna spolupráca medzi susediacimi štátmi už dlhodobú tradíciu. Novú kapitolu v riešení otázok protipovodňovej ochrany otvoril Akčný plán ochrany pred povodňami v povodí Rýna.

### **Akčný plán ochrany pred povodňami pre Rýn**

V povodí Rýna sa antropogénnou činnosťou počas ostatných dvoch storočí asi 85 % plochy prirodzenej krajiny zmenilo na poľnohospodársky intenzívne využívané a urbanizované územia. Aj preto Rýn mnohokrát ťažko vyskúšal obyvateľstvo ako na celom povodí tak aj v pobrežnej zóne. Zmeny odtokového režimu sa prejavujú nárastom počtu výskytu povodní. V rokoch 1993 a 1995 boli zaznamenané obzvlášť ničivé povodne. Pri ich hodnotení sa ukázalo, že otázky povodní a protipovodňovej ochrany je nevyhnutné riešiť komplexne v povodí rieky ako celku. Regionálna spolupráca sama osebe sústredená iba na hraničné úseky nevytvára dostatočne široký priestor na realizáciu efektívnych opatrení.

V roku 1995, na konferencii príslušných rezortných ministrov porýnskych štátov konanej v Arles, schválili Medzinárodnú komisiu na ochranu Rýna (Internationale Kommission zum Schutz des Rheins - IKSR, Commission Internationale pour la Protection du Rhin - CIPR, Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn - ICBR) mandát na vypracovanie Akčného plánu, ktorý mal komplexne riešiť ochranu pred povodňami aj s ohľadom na ekologické otázky. Pod koordináciou IKSR bola v období od februára do decembra 1995 vypracovaná základná stratégia prác a cieľov Rýnskeho akčného plánu ochrany pred povodňami (The Action Plan on Flood Defence for the Rhine River). Práce na samotnom Akčnom pláne si vyžiadali časové obdobie od januára 1997 do marca 1998. Plán schválili v tom istom roku na konferencii ministrov v Rotterdame a roku 2001 prijali v Štrasburgu ďalej rozpracovaný program “Rýn 2020”, ktorý predstavuje integrovaný ekologický a vodohospodársky plán Novej Rýnskej konvencie.

<sup>2</sup> European Environment Agency. *Environmental issue report No 35, 2003.*

<sup>3</sup> *Guidelines on Sustainable Flood Prevention. Convention on the Protection and use of Transboundary Watersources and International Lakes. Geneve, September 2000.*

<sup>4</sup> OJ L 161 z 26.6.1999.

<sup>5</sup> OJ L 213 z 13.8.1999.

<sup>6</sup> EU Directive 2000/60/EC (EU Water Framework Directive).

Hlavným cieľom Rýnskeho akčného plánu ochrany pred povodňami je redukovať škody spôsobované povodňami s rešpektovaním zásad ochrany krajiny a prírody. Ciele Akčného plánu sú:

- Redukovať povodňové straty: v období 1998-2000 nemali škody spôsobované povodňami narastať, do roku 2005 majú klesnúť o 10 % a do roku 2020 o 25 %.
- Znížiť vodné stavy pri povodniach: na strednom a na dolnom úseku rieky o 30 cm do roku 2005 a do roku 2020 až o 70 cm.
- Zvýšiť uvedomenie si hrozby povodní: do roku 2000 mali byť zostavené mapy 50 % území ohrozovaných povodňami a do roku 2005 mapy celého ohrozovaného územia v povodí rieky.
- Zdokonalenie predpovedného systému: na základe medzinárodnej spolupráce zdokonaľiť krátkodobý predpovedný systém povodní predĺžením predstihu predpovede o 50 % do roku 2000 a o 100 % do roku 2005.

Na splnenie vytýčených cieľov obsahuje Akčný plán celý rad konkrétnych opatrení. Napríklad, na zníženie vodných stavov počas povodní sa predpokladá reaktivácia prirodzených záplavových oblastí a vytváranie nových retenčných priestorov efektívnymi hydrotechnickými opatreniami. Realizácia navrhnutých opatrení v Akčnom pláne predstavuje náklady vo výške 2,410 mld. €. Tieto opatrenia by mali znížiť povodňové hladiny od 60 do 80 cm. Ďalšie opatrenia smerujú k zvýšeniu spoľahlivosti existujúcich protipovodňových ochranných systémov. Na údržbu, rekonštrukciu a zosilnenie ochranných hrádzi, z ktorých sú mnohé už staršie ako 100 rokov, sa v Akčnom pláne predpokladá vynaloženie čiastky 1,418 mld. €. Na preventívne opatrenia v oblasti územného plánovania (zostavenie máp rizikových území a zmeny vo využívaní krajiny) je vyčlenených 60 mil. €.

Súčasťou opatrení je vypracovanie novej alternatívy Atlasu Rýna. Jeho účelom je zmapovať územia potenciálne ohrozené povodňami a následne s nimi oboznámiť obyvateľov v povodí rieky. Atlas Rýna poskytuje celkový prehľad o rieke Rýn, zdôrazňuje nevyhnutnosť nadregionálne koncipovanej protipovodňovej ochrany a vytvára základňu pre zostavovanie podrobnejších a lokálnych máp. Mapy v Atlase Rýna zobrazujú možnosti rozsahu záplav území (hlbka vody je odstupňovaná v štyroch intervaloch: 0-0,5 m, 0,5-2 m, 2-4 m a > 4 m) a ich využívanie, vrátane hodnoty povodňami ohrozeného majetku. Jeho celková hodnota sa na povodňami potenciálne ohrozených územiach v povodí Rýna odhaduje na 165 mld. €, z toho na hornom úseku (Švajčiarsko, Nemecko) 38 mil. €, pozdĺž horného Rýna (Nemecko, Francúzsko) 12 mld. €, v oblasti stredného Rýna (Nemecko) 1,7 mld. €, na dolnom úseku (Nemecko, Holandsko) 20 mld. € a v delte rieky (Holandsko) 131 mld. €.

Na zdokonalenie predpovedného povodňového systému, ktorý by mal umožniť objektívne vyhodnotenie hrozaceho nebezpečenstva a v prípade potreby účinnú realizáciu povodňových zabezpečovacích a záchranných prác, je podľa Akčného plánu potrebných 12 mil. €. Hlavnou úlohou je dosiahnutie väčšieho predstihu predpovedí ako meteorologických tak hydrologických, a to vývojom nových matematických modelov a zlepšením spolupráce prísluš-

ných národných inštitúcií. Zdokonalený systém bude poskytovať predpovede nástupu a priebehu povodňových vln v predstihu 24 hodín v hornej časti toku, 36 hodín v strednej časti, 48 hodín v dolnej časti a v úseku povyššie delty Rýna 72 hodín.

### Akčný program protipovodňovej ochrany v povodí Dunaja

Z iniciatívy Medzinárodnej komisie pre ochranu Dunaja (International Commission for the Protection of the Danube River - ICPDR, Internationale Kommission zum Schutz der Donau - IKSD) sa v roku 2003 začali práce na Akčnom programe trvalo udržateľnej protipovodňovej ochrany v povodí Dunaja (Action Programme for Sustainable Flood Protection in the Danube River Basin). Z toho dôvodu ICPDR zriadila novú expertnú skupinu (Flood Protection Expert Group - FP EG), do ktorej účastnícke štáty dohovoru o ochrane Dunaja<sup>7</sup> a tiež Bosna a Hercegovina<sup>8</sup> vymenovali svojich zástupcov. Už predtým, od roku 1999 pracovali v rámci ICPDR tieto expertné skupiny:

- Legal and Strategic Issues (S EG): skupina "ad-hoc" na právne a strategické otázky,
- River Basin Management (RBM EG): integrovaný manažment povodia, implementácia Rámcovej smernice EÚ o vode<sup>9</sup>,
- Ecology (ECO EG): chránené územia a mokrade,
- Emissions (EMIS EG): emisie z lokálnych a difúzných zdrojov,
- Monitoring, Laboratory and Information Management (MLIM EG): medzinárodná pozorovacia sieť a zabezpečovanie úrovne laboratórií kvality,
- Accident Prevention and Control (APC EG): náhodné znečistenie, odstraňovanie a prevencia.

Expertná skupina pre protipovodňovú ochranu (FP EG), ktorá vznikla ako siedma v poradí, má 24 stálych členov zastupujúcich všetky podunajské štáty<sup>10</sup> (Bosna a Hercegovina, Bulharsko, Česko, Chorvátsko, Maďarsko, Moldavsko, Nemecko, Rakúsko, Rumunsko, Slovensko, Slovinsko, Srbsko a Čierna Hora a Ukrajina). Okrem zástupcov jednotlivých štátov ležiacich v povodí Dunaja sú členmi expertnej skupiny zástupcovia Európskej únie, ICPDR a výskumného centra EÚ JCR Ispra. Na jednotlivých pracovných zasadaniach FP EG ICPDR sa okrem členov expertnej skupiny a prizvaných špecialistov z organizácií pôsobiacich v rámci štruktúr Európskej únie a v podunajských štátoch zúčastňujú ako pozorovatelia aj zástupcovia Dunajského environmentálneho fóra (DEF).

<sup>7</sup> *Convention on Cooperation for the Protection and Sustainable Use of the Danube River (Danube River Protection Convention, DRPC) [October 22-th, 1998].*

<sup>8</sup> *Bosna a Hercegovina nie je účastníkom Dohovoru o ochrane Dunaja.*

<sup>9</sup> *EU Directive 2000/60/EC (EU Water Framework Directive)*

<sup>10</sup> *Štáty s veľmi malou plochou územia ležiacou v povodí Dunaja, na ktorej nie sú významnejšie vodné toky, sa nezúčastňujú na príprave Akčného programu: Albánsko (126 km<sup>2</sup>), Macedónsko (109 km<sup>2</sup>), Poľsko (473 km<sup>2</sup>), Švajčiarsko (1809 km<sup>2</sup>) a Taliansko (565 km<sup>2</sup>).*

Expertná skupina protipovodňovej ochrany (FP EG) ICPDR začala svoju prácu na zasadnutí v Budapešti v marci 2003. Na tomto zasadnutí bol za predsedu expertnej skupiny zvolený Sándor Tóth (Maďarsko). Expertná skupina dohodla rámcový obsah Akčného programu ako aj postup prác pri jeho zostavovaní. Do ukončenia prác na Akčnom programe bolo plánovaných viacero pracovných zasadnutí expertnej skupiny. Doposiaľ sa uskutočnili štyri: dve v Budapešti, po jednom v Bratislave a v Záhrebe, piate je zvolané na október 2004 do Brna. Po prijatí Akčného programu bude FP EG ďalej pracovať na plnení úloh spojených s jeho implementáciou.

Dunajský protipovodňový akčný program trvalo udržateľnej ochrany pred povodňami v obsahovej oblasti využíva skúsenosti zo zostavovania a implementácie Akčného plánu ochrany pred povodňami v povodí Rýna. Priebežne, na jednotlivých zasadnutiach expertnej skupiny sa obsah Akčného programu dotvára a pripravil sa záverečný dokument, ktorý obsahuje nasledovné časti:

## 1. Úvod

### 2. Povodne a protipovodňová ochrana v povodí Dunaja

- 2.1 Všeobecná situácia v povodí Dunaja
- 2.2 Klimatické a povodňové podmienky v povodí Dunaja
- 2.3 Opis rieky Dunaj a jej hlavných prítokov
- 2.4 Záplavové územia a ochrana pred povodňami v povodí Dunaja
- 2.5 Bilaterálna a multilaterálna spolupráca

### 3. Základné princípy a východiská

- 3.1 Všeobecné úvahy a zámery
- 3.2 Prístup k povodiu rieky
- 3.3 Prepojenie činnosti jednotlivých vlád a samospráv, ako aj vlastníkov pozemkov a objektov
- 3.4 Zmierňovanie nebezpečenstva
- 3.5 Povodne: záležitosť každého

### 4. Ciele a potreby

- 4.1 Ciele v celom povodí
  - 4.1.1 Zdokonaliť povodňový predpovedný a včasný varovný systém
  - 4.1.2 Pripraviť a skoordinať akčné plány v čiastkových povodiach
  - 4.1.3 Vytvoriť fóra na výmenu odborných poznatkov
  - 4.1.4 Definovať harmonizované postupy a metodológie mapovania povodňového nebezpečenstva
- 4.2 Ciele v čiastkových povodiach

### 5. Opatrenia

- 5.1 Opatrenia v celom povodí
- 5.2 Opatrenia v čiastkových povodiach

### 6. Spoločensko-ekonomické a organizačné podmienky implementácie

- 6.1 Implementácia Akčného programu - kompetentnosť inštitúcií
- 6.2 Harmonogram implementácie
- 6.3 Finančné zdroje na implementáciu
- 6.4 Monitorovací systém a postup

Návrh Akčného programu bude predmetom rokovania konferencie delegátov členských štátov ICPDR, ktorá je zvolaná na september 2004 do Viedne. Pripomienky z konferencie delegátov do Akčného programu zapracuje FP EG ICPDR v Brne, na 5. zasadnutí v októbri 2004. Akčný program pro-

tipovodňovej ochrany v povodí Dunaja sa bude prijímať na konferencii príslušných rezortných ministrov podunajských štátov, ktorá je plánovaná na 13. a 14. decembra 2004. Nakoľko nie je možné vylúčiť, že na konferencii dôjde aj k významnejším úpravám textu dokumentu, podrobnejšie informácie prinesieme čitateľom v niektorom z ďalších čísiel meteorologického časopisu.

Gabriela Babiaková, SHMÚ Bratislava  
Martin Bačík, SVP, š.p., OZ Bratislava

## 20. OZÓNOVÉ SYMPÓZIUM

31. mája - 8. júna sa na Gréckom ostrove Kos konalo 20. ozónové sympóziu. Táto akcia sa poriadala každé 4 roky a jej cieľom je zhrnutie výskumu celkového atmosférického ozónu a faktorov, ktoré ovplyvňujú jeho koncentráciu v rôznych hladinách atmosféry, za posledné obdobie.

Úvodné stretnutie účastníkov akcie sa konalo v Asklepeione - na mieste, kde pred storočiami pôsobil Hippokrates. Po úvodnom prejave bývalého prezidenta Gréckej republiky boli odovzdané ceny výhercom Dobsonovej ceny a Ceny prof. Mariolopoulousova za výsledky dosiahnuté vo výskume ozónu. Prehľadová prednáška prof. Paula J. Crutzena (nositeľa Nobelovej ceny za chémiu) otvorila viac ako týždenný kolotoč prezentácií, ktoré dokumentovali kam za posledné štyri roky dospel svetový ozónový výskum.

Najviac prednášok odznelo v prvej sekcii - Merania a analýza celkového ozónu a jeho vertikálnych profilov. Nosnou témou tejto sekcie bolo hľadanie odpovede na otázku, či už v súčasnosti môžeme povedať, že ozónosféra Zeme sa začína po poškodení ľudskou činnosťou obnovovať. Niektoré európske stanice indikujú od roku 1997 stúpajúce hodnoty celkového ozónu. Nárast hodnôt celkového ozónu potvrdzujú aj merania zo satelitov. Kým niektorí autori prednášok si myslia, že tento nárast možno považovať za prvé štádium obnovovania ozónovej vrstvy, väčšina vedcov sa skôr prikláňa k názoru, že sa jedná o zastavenie poklesu množstva celkového ozónu (teda sme v období, kedy nepozorujeme stúpajúci, ani klesajúci trend celkového ozónu) a je priskoro hovoriť o obnovení ozónovej vrstvy. Obdobie 1995-1997 sa považuje za inflexný bod, obdobie, kedy sa zmenil charakter trendu celkového ozónu. Stále však nemožno povedať, že trend celkového ozónu je stúpajúci. Kým pred 20. rokmi sa za hlavné faktory ovplyvňujúce zmeny celkového ozónu považovali rastúce koncentrácie halógenov v stratosfére, v súčasnosti sa za dominantné faktory považuje dynamika metánu a oxidov dusíka v stratosfére, pokles teploty stratosféry, variácie slnečného cyklu, problém aerosólu a znečistenia atmosféry leteckou dopravou. Predpokladá sa, že niektoré z týchto faktorov budú pri obnove ozónosféry pôsobiť pozitívne, iné môžu tento proces spomaliť. Odstránenie signálov 11-ročného slnečného cyklu, QBO, NAO, ENSO a iných periodických faktorov je podstatné pre získanie trendov v radoch celkového atmosférického ozónu, hlavne však pri hľadaní trendov koncentrácie ozónu v hornej stratosfére, kde sa výrazne prejavuje vplyv zmien slnečnej aktivity a kde sa očakáva najskorší prejav obnovy ozónovej vrstvy. Otázkou je, či nameriame rastúce

hodnoty celkového ozónu aj počas nasledujúceho minima jedenásťročného slnečného cyklu. Musíme tiež rátať s možnými náhodnými udalosťami, ktoré môžu v budúcnosti spomaliť obnovu ozónovej vrstvy – vulkanická činnosť. Nie je zatiaľ jasné, ako ovplyvňuje hodnoty stratosférického ozónu dynamika mezopauzy. Pozorovaný nárast hodnôt celkového ozónu v Európe má iný charakter než v Severnej Amerike. Kým v Európe medziročná premenlivosť celkového ozónu dobre koreluje s charakteristikami tropopauzy, v Severnej Amerike sa tento vzťah prejavuje nevýrazne. Tropopauzu je možné použiť ako indikátor celkového ozónu iba lokálne. Hlavne v spodnej stratosfére treba rátať s výrazným vplyvom dynamických faktorov na koncentráciu ozónu.

Analýza polí potenciálnej vorticitey ukázala, že v miernej zemepisných šírkach sa na výskyt krátkodobých udalostí s relatívne nízkymi hodnotami celkového ozónu - ozónových minidiel - podieľajú hlavne dynamické faktory (nie chemické zmeny v zložení atmosféry) - transport ozónu.

Niekoľko prednášok bolo venovaných analýzam kvality meraní. Porovnávali sa rôzne spôsoby merania celkového ozónu zo satelitov, merania pomocou Brewerovho a Dobsonovho spektrofotometra. Diskutovala sa presnosť vertikálnych profilov ozónu získaných z lidarov, ozónovej sondáže a nepriamo Umkehr metódou.

Osobitnú skupinu tvorili prednášky, týkajúce sa analýzy ozónu v polárnych oblastiach. Na jednej strane bol pozorovaný nárast celkového ozónu v zime 2002 na južnej pologuli, na druhej strane extrémne nízke hodnoty v zime 2003/2004 v severných polárnych oblastiach. Pozoruje sa pokles koncentrácie halónov v atmosfére, v súlade s modelovými výpočtami. Extrémne nízke hodnoty celkového ozónu v polárnych oblastiach sa vyskytujú počas extrémne studených polárnych zím. Úbytky ozónu v Arktíde korelujú s nárastom optickej hrúbky aerosólu v tejto oblasti. Poklesy ozónu menšieho rozsahu sa dávajú do súvisu s nárastom koncentrácie kyseliny dusičnej v atmosfére.

Chemizmus a dynamika atmosféry v súvislosti so zmenami atmosférického ozónu sa diskutovali v druhej sekcii.

Vplyv následkov klimatickej zmeny na ozónosféru bol diskutovaný v ďalšej sekcii. V tejto časti sa analyzoval možný vplyv obsahu vodnej pary v rôznych vrstvách atmosféry, vplyv zmien oblačnosti a polohy riadiacich tlakových útvarov na transport a chemizmus ozónu. Zaujímavá bola prednáška prof. Hudsona o detekcii signálov klimatickej zmeny z radov meraní celkového ozónu. Jeho vystúpenie predstavovalo nový uhol pohľadu na zmeny atmosférického ozónu. Budú posuny polárneho a tropického frontu smerom na sever znamenať zmenu režimu celkového ozónu na niektorých staniách? Budú tieto zmeny znamenať globálny pokles celkového ozónu? Bude nárast výšky tropopauzy znamenať väčší podiel troposférického ozónu? Ako ovplyvnia regionálne zmeny pozície tlakových útvarov celkový atmosférický ozón? To sú otázky, ktoré vyvolávajú predpokladané dopady globálneho otepľovania v súvislosti s možnými zmenami ozónosféry Zeme.

Špecifické problémy troposférického ozónu, faktorov, ktoré ovplyvňujú jeho koncentrácie, chemizmus a rôzne prístupy k jeho modelovaniu boli diskutované v štvrtej sekcii. Súčasný trend koncentrácií troposférického ozónu majú lokálny charakter. Na niektorých miestach sa stále

pozoruje nárast koncentrácie prízemného ozónu (Mauna Loa), na niektorých miestach je viditeľný výrazný pokles (Samoa, India). Prezentovaný bol stav výskumu: vplyv bleskov na tvorbu prízemného ozónu, problém kvantifikácie výmeny ozónu medzi stratosférou a troposférou, vplyv koncentrácie prekursorov ozónu – oxidov dusíka, prchavých uhľovodíkov na ročné chody troposférického ozónu.

Vplyv ďalších stopových zložiek atmosféry na chemizmus ozónu sa analyzoval v ďalšej sekcii. Zmeny koncentrácie vodnej pary v stratosfére a ich možný dopad na ozón, chemizmus metánu, využitie koncentrácie kyseliny chlórovodíkovej na kvantifikáciu stratosférického ozónu, vplyv PAN (peroxyacetylnitrát) na koncentráciu prízemného ozónu v rôznych fázach denného fotochemického cyklu, dopad nárastu peroxidu vodíka a OH radikálu v atmosfére na zmeny koncentrácie prízemného ozónu - to je len zlomok tém, ktoré sa riešili v tejto sekcii.

V predposlednej sekcii sa analyzovali dôsledky zmien ozónovej vrstvy na hodnoty slnečného ultrafialového žiarenia merané na povrchu Zeme. V štúdiu prenosu UV (ultrafialového) žiarenia v atmosfére je zatiaľ nedostatočne preskúmaný vplyv aerosólu a oblačnosti na UV časť slnečného žiarenia. Vzhľadom na očakávanú obnovu ozónosféry sa začína skúmať vplyv iných faktorov, ktoré v súvislosti s klimatickou zmenou môžu ovplyvniť hodnotu slnečného UV žiarenia na Zemi (lokálny pokles oblačnosti, zo satelitov detegovaný nárast reflektivity povrchu na severnej pologuli). Práve v súvislosti s menšou oblačnosťou boli v rokoch 1998 a 2003 namerané rekordne veľké ročné sumy slnečného UV-B žiarenia v Európe.

Záver ozónového sympózia patril výskumu stavu ozónovej vrstvy v trópech.

Popri základných prednáškach sa na sympóziu konali aj stretnutia vedcov používajúcich rovnakú meraciu techniku, ktoré im umožnili vymeniť si skúsenosti s jej využitím (stretnutie prevádzkovateľov Brewerovho spektrofotometra, lidarov). Počas sympózia sa uskutočnili aj stretnutia riešiteľov projektov týkajúcich sa problematiky atmosférického ozónu. Takým bolo aj stretnutie koordinátorov projektu COST 726 „Rekonštrukcia časových radov slnečného UV žiarenia“. Na stretnutí sa účastníci dohodli na forme prieskumu stavu meraní a výskumu slnečného UV žiarenia v Európe prostredníctvom dotazníkov, ktoré sú spolu so základným informačným dokumentom projektu vystavené aj na www stránke <http://www.ta3.sk/gfu/interes.htm>. Ako zdrojová databáza pre riešenie projektu bude používaná databáza EDUCE prevádzkovaná Univerzitou v Hannoveri. V rámci projektu by bolo možné finančne zabezpečiť kalibráciu UV meraní slovenského Brewerovho spektrofotometra porovnaním s Benthamovým spektrorádiometrom (pojazdná kalibračná jednotka QASUME) a tiež kalibráciu vybraných širokopásmových UV rádiometrov.

Na sympóziu sa bolo možné informovať o rôznej meracej technike, ktorá bola na akcii prezentovaná a tiež získať literatúru, ktorá sa týka problematiky celkového ozónu. Tá je spolu so zborníkom príspevkov z 20. ozónového sympózia k dispozícii aj v elektronickej forme u autora tohto článku.

Anna Pribullová  
MO GfÚ SAV, Stará Lesná



## HYDROMETEOROLOGICKÉ ZABEZPEČENIE NAPLAVENIA PIATEHO BRATISLAVSKÉHO MOSTA CEZ DUNAJ

Jedným z rozhodujúcich okamihov výstavby piateho bratislavského mosta cez Dunaj bolo premiestnenie a uloženie hlavného mostného objektu - oceľovej konštrukcie dĺžky 231 m v tvare oblúka s výškou 36m, na pilier v koryte Dunaja. Konštrukcia má hmotnosť 5240 ton a vyše 2000 ton malo súlodie s podporným lešením, teda po Dunaji sa k riečnemu pilieru na pravom brehu doplavil kolos s hmotnosťou 7,5 tisíce ton. Táto ojedinelá operácia „naplavenia“ - otočenia mosta bola naplánovaná do troch fáz. V priebehu prvej fázy sa vysunula mostná konštrukcia na súlodie, počas druhej súlodie doplavilo mostnú konštrukciu k pilieru v koryte Dunaja a treťou fázou bolo uloženie mosta na pilier. Operácia bola pôvodne plánovaná na tri dni, avšak nakoniec trvala pre technické problémy o niekoľko dní dlhšie, pričom samotné plavenie mosta sa realizovalo v priebehu nedele, 19.9.2004.

Limitujúcim faktorom celej operácie bol vietor - podmienkou na začatie prác bolo, aby predpokladaná rýchlosť vetra nepresiahla 10 m/s, nevýhodou by tiež boli veľké výkyvy v teplote, či kolísanie hladiny Dunaja. Predpovede týchto prvkov boli požadované v značnom predstihu - 10 dní.

Pre účely otáčania mosta boli v predpovednom centre odboru Predpovede a výstrahy divízie Meteorologická služba dvakrát denne vytvárané predpovede vetra - jeho smeru, priemernej rýchlosti a nárazov, teploty a úhrnu zrážok, na obdobie 10 dní, s krokom 6 hodín. V tabuľkovej a grafickej forme boli poskytované priamo pracovníkom spoločnosti Hutní montáže Ostrava a.s., ktorí vykonávali všetky práce spojené s otáčaním oceľového mostného poľa. Drobnou zaujímavosťou bolo, že predpovedané údaje o smere vetra boli tiež prepočítavané vzhľadom na tok Dunaja, hodnoty odklonu smeru vetra od koryta Dunaja boli priamou požiadavkou stavbárov. Takúto podrobnú, a najmä vzhľadom na predpovedané obdobie náročnú predpoveď, bolo možné zostaviť iba vďaka špeciálnym predpovedným materiálom, ktoré pre SHMÚ poskytlo Európske centrum pre strednodobé predpovede počasia (ECMWF). Uvedená inštitúcia je svetovou špičkou čo sa týka presnosti a spoľahlivosti poskytovaných numerických predpovedí počasia na obdobie až 10 dní. Je skutočnou raritou, že nám Európske centrum poskytlo tieto operatívne dáta zdarma a zostáva nám dúfať, že čoskoro aj Slovensko uzavrie dohodu o spolupráci s týmto centrom. Výraznejšie by to prispelo ku skvalitneniu aj našich ostatných predpovedí počasia pre verejnosť a špeciálnych užívateľov na obdobie 3 až 10 dní.

Predpoveď na obdobie 48 hodín bola ďalej spresňovaná pomocou výstupov z numerického modelu ALADIN, ktorý od začiatku júla tohto roku SHMÚ operatívne prevádzkuje na novom superpočítači IBM Regatta s 32 procesormi a diskovým poľom s kapacitou 1,5 TB. ALADIN je numerický model atmosféry, ktorý slúži pre predpoveď počasia na 48 hodín - krátkodobú predpoveď - na ohraničenej oblasti. Model

ALADIN sa stále vyvíja, aj s príspevom našich numerických meteorológov a kvalitou je porovnateľný s regionálnymi modelmi najvyššejších meteorologických služieb.

Za účelom monitoringu okamžitého stavu smeru a rýchlosti vetra v lokalite staveniska, bol na streche blízkej budovy umiestnený anemometer, pričom bol zabezpečený bezdrôtový prenos meraných údajov do nášho predpovedného centra. Tu sa údaje zobrazovali v reálnom čase, s možnosťou zobrazenia priebehu vetra v grafickej forme. V prípade, že by sa dosiahli kritické hodnoty rýchlosti vetra, ktoré neboli očakávané, mali meteorológovia úlohu mostárov okamžite upovedomiť o hroziacom riziku.

Okrem meteorológov sa na zabezpečení celej akcie podieľali aj hydroológovia z odboru Predpovede a výstrahy divízie Hydrologická služba. Poskytovaním údajov o aktuálnej a očakávanej výške vodného stavu a prietoku zabezpečovali priebeh celej operácie z hydrologického hľadiska.

Počas prvých dvoch fáz naplavenia mostnej konštrukcie bolo počasie ustálené. V priebehu 16.9. sa od západu rozšírila nad strednú Európu tlaková výš, ktorej stred sa počas ďalšieho dňa presúval cez Poľsko na východ. Jej výbežok zasahoval od severovýchodu nad naše územie až do začiatku ďalšieho týždňa, a tak u nás prevládalo málo veterné a cez deň slnečné počasie. 21. 9. k nám začal od severozápadu prúdiť vlhký chladný vzduch. V silnom prúde medzi tlakovou nížou so stredom nad Severným morom a tlakovou výšou nad východným Atlantikom začali do



strednej Európy postupovať jednotlivé frontálne systémy a práce tretej etapy naplavenia mosta skomplikoval silný vietor. Najmä 21.9. popoludní jeho priemerná rýchlosť dosahovala hodnoty 5 až 10 m/s, pričom večer dosiahol najväčší náraz vetra rýchlosť takmer 22 m/s. V noci vietor čiastočne zoslabol, ale ešte počas ďalšieho dňa dosahoval opäť v nárazoch rýchlosť 15 až 20 m/s.

Hydrologické a meteorologické zabezpečenie projektu otáčania mosta Košická bolo pre nás prestížnou záležitosťou, ktorá dokazuje odbornú kvalitu produktov poskytovaných Slovenským hydrometeorologickým ústavom.

*Martin Benko  
SHMÚ, Bratislava*

## 2. DISKUSNÝ SEMINÁR TLAČOVÝCH PRACOVNÍKOV EUMETSAT

V dňoch 31.8 a 1.9.2004 sa konal v Darmstadte diskusný seminár tlačových pracovníkov meteorologických služieb členských a spolupracujúcich krajín EUMETSAT-u. Organizovala a financovala ho Európska organizácia pre využívanie meteorologických družíc – EUMETSAT. Medzi účastníkmi Workshopu boli zástupcovia z Grécka, Holandska, Írska, Nemecka, Nórska, Rakúska, Španielska, Talianska, Fínska, Maďarska, Poľska, Rumunska, Slovenska, Srbska a Čiernej Hory a Českej republiky.

2. workshop úzko nadväzoval na predošlý, ktorý sa konal v októbri 2003. Hlavným cieľom spolupráce EUMETSAT-u a členských a kooperujúcich štátov v tejto oblasti je zefektívnenie úsilia EUMETSAT-u a Národných meteorologických a hydrologických služieb pri procese zviditeľňovania sa v spoločnosti. Organizovanie diskusných seminárov poskytuje možnosť pre lepšie vzájomné pochopenie potrieb a predstavuje základ pre organizovanie spoločných činností. Tohtoročný seminár bol špeciálne venovaný plánovanému vypusteniu družice MSG-2 a podporným akciám pred, počas a po samotnom vypustení.

Pracovníci divízie Stratégie a medzinárodných vzťahov predstavili plány aktivít v informačnej kampani EUMETSAT-u, spojených s vypustením novej družice. Plánované sú mediálne brífingy, vydanie série tlačových správ, na prítiahnutie pozornosti médií sa plánuje využiť organizovanie internetovej súťaže pre školskú mládež, tiež sa vyrobí prezentačné video s „príbehom“ družice MSG. Tieto materiály budú dostupné Národným službám, na ich základe môžu byť vyvíjané lokálne národné aktivity s využitím príležitosti pre prezentovanie Národných služieb.

Súťaž „Mladý družicový meteorológ“ organizačne zabezpečuje externá firma Oxygen Marketing Ltd, Londýn. Je organizovaná na báze internetu a je otvorená pre študentov v 20-tich zúčastnených krajinách Európy, prostredníctvom špeciálne vyvinutej viacjazyčnej webovej stránky. Adresa súťažnej stránky je [www.eumetsatcomp.org](http://www.eumetsatcomp.org). (Živá bude až 20. októbra a odpovede bude možné poslať do konca januára 2005.) Otázky budú obsahovať možnosť výberu z viacerých ponúkaných odpovedí. Ich správne zodpovedanie bude vyžadovať od študentov internetové vyhľadávanie a použitie informácií z určitých stránok. Keďže súťaž začne 20. októbra a skončí v januári 2005, je koncipovaná tak, aby bola počas jesenného obdobia pre učiteľov, hlavne predmetov zemepis a fyzika, užitočnou vzdelávacou pomôckou. Súťažné otázky tvorí v mene EUMETSAT-u pán Ross Reynolds z katedry meteorológie na Univerzite v Readingu, UK. Ross Reynolds je tiež členom Vzdelávacieho výboru Kráľovskej meteorologickej spoločnosti a zástupca spoločnosti vo Vzdelávacom výbore Európskej meteorologickej spoločnosti.

Ciele súťaže:

- zvýšiť uvedomenia si úlohy družíc pri poskytovaní meteorologických informácií a predpovedí
- spojiť s tým úlohu EUMETSAT-u
- dostať do povedomia „značku“ EUMETSAT-u

- dosiahnuť príležitosť pre PR aktivity pre zúčastnené národné služby
- dostať spätnú väzbu o záujme škôl o EUMETSAT a družicovú meteorológiu

Vítazom súťaže bude ponúknutá možnosť účasti na oslave vypustenia družice priamo v sídle EUMETSAT-u v Darmstadte, Nemecko a tiež sa pripravuje široká škála iných „národných“ a „európskych“ cien.

Súťaž bude rozdelená do 3 častí s nasledovným obsahom:

- všeobecné informácie o programoch Meteosat/MSG
- aplikácie a použitie meteorologických družíc
- interpretácia snímok

SHMÚ ako reprezentant SR v štruktúrach EUMETSAT-u bol požiadaný o spoluprácu pri organizovaní tejto celoeurópskej aktivity. Uvedená súťaž poskytuje možnosť informovania širšej verejnosti o činnosti SHMÚ. Cieľovou skupinou je mládež, ktorá má už vysoké povedomie z oblasti moderných informačných technológií a vzhľadom na skladbu súťažných úloh by mohli vzrásť tiež vedomosti súťažiacich o úlohách a funkciách SHMÚ.

*Lucia Čizmaziová  
SHMÚ, Bratislava*

## PROJEKT REBECCA - STRETNUTIE SKUPINY WP6

Už na úvodnom mítingu 12.-15.1.2004 projektu 6. Rámcového programu EÚ pre výskum a rozvoj - nazvaného REBECCA - sa v Helsinkách v pracovnej skupine WP6 (validácia) navrhla možnosť použitia prípadových štúdií pre proces validácie modelov na odvodenie vzťahu chemický stav - ekologický stav použitých v jednotlivých pracovných skupinách WP 3-5 (jazera, rieky a pobrežné oblasti). Na toto stretnutie nadväzovalo pracovné stretnutie členov skupiny WP6, ktoré sa uskutočnilo v dňoch 22.-23.9.2004 v Delfte v Holandsku. Za SHMÚ sa ho zúčastnili Ing. Peter Rončák, CSc. a Mgr. Miroslava Jonášová.

Po krátkom úvode koordinátora skupiny WP6 koordinátori pracovných balíkov WP3-WP5 prezentovali progres v zbere dát a doterajšie výsledky v ich skupinách. Pracovníkom z inštitúcie WL Delft Hydraulics bol popísaný samotný proces validácie, jej podstata a rozsah pri overovaní platnosti navrhnutých modelov. Načrtla sa nutnosť zadefinovania jednotlivých vzťahov (chemický verzus biologický), ktoré sa budú v procese validácie testovať. Zdôraznil sa fakt, že skupina WP6 nemôže s procesom validácie začať skôr až keď skupiny WP3-WP5 budú mať svoje modely dokončené. Bude nutné zasielať aj čiastočné výsledky z týchto skupín, aby bol dostatok času pri ich testovaní. Druhý pracovný deň začal samotnou prezentáciou prípadových štúdií navrhnutých pre účel procesu validácie, kde aj SHMÚ prezentovalo štúdiu Gabčíkovo, ktorej dlhodobé údaje z monitoringu o fyzikálnochemickom a biologickom stave môžu byť vhodné pre proces testovania modelov skupiny WP4 - rieky. Celkovo bolo odprednášaných 10 prípadových štúdií zástupcami

z 8 krajín EÚ. Zástupkyňa z inštitútu WL Delft Hydraulics prezentovala výsledky aplikácie modelu Habitat, ktorý použili pri testovaní vplyvu znečistenia chemickými látkami na vodný ekosystém (druhovú zastúpenie živočíchov). Prediskutovaný bol aj o model Omega, ktorý bude pravdepodobne použitý pracovnými skupinami WP3-WP5 na odvodenie vzťahu toxický vplyv látok - dopad na ekosystém.

Ďalšie stretnutie expertov skupiny WP6 je naplánované na 17.-21.1.2005 v Ispre v Taliansku.

*Miroslava Jonášová  
SHMÚ, Bratislava*

## **14. ZASADANIE METEOROLOGICKEJ SKUPINY PRI EANPG ICAO**

V dňoch 20.-24.9.2004 sa v priestoroch kancelárie Medzinárodnej organizácie pre civilné letectvo (ICAO) pre Európu a severný Atlantik v Paríži uskutočnilo pravidelné, v poradí štrnásťte zasadanie meteorologickej skupiny (METG) Európskej navigačnej plánovacej skupiny (EANPG). Zasadanie METG sa zaoberalo aktuálnymi problémami pri poskytovaní meteorologických služieb civilnému letectvu v európskej oblasti.

Na tohtoročnom zasadaní sa venovala väčšia pozornosť spracovaniu údajov v rámci Svetového oblastného predpovedného systému (WAFS), najmä pokiaľ ide plánovaný prechod na výhradne používanie kódov BUFR a GRIB na distribúciu predpovedí a s tým súvisiace ukončenie používania formátu T4. Keďže prechod na kód BUFR spôsobuje zdržanie tak v príprave kódovacích postupov, ako aj v adaptácii zobrazovacích prostriedkov na strane používateľov, účastníci súhlasili s návrhom predĺžiť používanie formátu T4 aj po 1.7.2005. Zároveň sa zdôraznila nutnosť úpravy zobrazovacích prostriedkov (predovšetkým softvéru) na strane koncových poskytovateľov produktov WAFS tak, aby nebolo ohrozené poskytovanie týchto predpovedí pre leteckých prevádzkovateľov.

METG sa venovala viac aj problematike letiskových predpovedí (TAF) a pristávacích predpovedí (TREND). Boli prednesené viac-menej rozdielne požiadavky zo strany používateľov, keď na jednej strane zástupca organizácie združujúcej letecké spoločnosti (IATA) predniesol požiadavku na predĺženie platnosti predpovedí TAF až na 36 hodín a zrušenie vydávania 9-hodinových predpovedí TAF pre letiská, pre ktoré sa vydávajú 18, resp. 24 hodinové predpovede TAF. Na druhej strane zástupca medzinárodnej organizácie pilotov (IFALPA) oponoval a zdôraznil potrebu „krátkych“ TAF-ov pre leteckú prevádzku v rámci európskej oblasti. Podobné opačné stanoviská týchto organizácií zazneli aj v súvislosti s letiskovými predpoveďami TREND, keď zástupca IATA upozornil na zvýšený počet letísk, pre ktoré sa takéto predpovede vydávajú, aj keď prevádzka na týchto letiskách nespĺňa požiadavky na ich prípravu a tiež na zriedkavejšie používanie presnejších indikátorov zmeny (FM, AT, TL) v týchto predpovediach, čím sa znižuje ich kvalita. Zástupca IFALPA zase oponoval, že pre prevádzku v európskej oblasti sú takéto predpovede opodstatnené.

METG súhlasila so zmenou doby platnosti „dlhých“ predpovedí TAF zo súčasných 18 hodín na 24 hodín.

METG sa zaoberala aj problematikou distribúcie a zberu leteckých meteorologických informácií v OPMET databankách a komunikačných systémoch (MOTNE, SADIS). Boli predstavené výsledky niekoľkých monitorovacích testov, ktorých výsledky ukázali na niektoré problémy pri vydávaní informácií napr. SIGMET a pod. Uvedené výsledky týchto monitorovaní však neuvádzali nedostatok, ktorý by sa týkal distribúcie meteorologických informácií z našej republiky.

Okrem ďalších tém (meteorologické pozorovania, hlásenie nedostatkov a odchýlok, predpovede pre zvýšenie kapacity letísk, systém kvality a pod.), ktoré sú pravidelnými bodmi programu METG, zaujali tohto roku aj informácie súvisiace s nariadeniami Európskej komisie, ktoré súvisia so zavádzaním spoločného európskeho vzdušného priestoru (Single European Sky). Pozornosť sa venovala najmä informácií o príprave tzv. „všeobecných požiadaviek“ (common requirements), v ktorej Európska komisia stanoví požiadavky na získanie licencie poskytovateľa leteckých navigačných služieb (t.j. vrátane poskytovateľov meteorologických služieb).

Problematike súvisiacej so SES a „všeobecnými požiadavkami“ sa venovalo aj neformálne stretnutie pracovnej skupiny AVIMET, ktoré sa uskutočnilo medzi dvoma rokovkami (mimo METG). AVIMET je pracovná skupina zriadená združením EUMET, čo je združenie riaditeľov národných meteorologických služieb členských štátov EÚ Islandu, Nórska a Švajčiarska (predtým ICWED). AVIMET združuje zástupcov národných meteorologických služieb, zaoberajúcich sa problematikou poskytovania meteorologických služieb pre civilné letectvo. AVIMET sa zaoberalo najmä definovaním cieľov AVIMET, ktoré by sa mali orientovať najmä na prezentovanie spoločných postojov národných poskytovateľov meteorologických služieb pre letectvo. AVIMET sa zaoberal aj upresnením formulácie textu, na základe ktorého by sa členom AVIMET mohli stať aj zástupcovia organizácií poskytujúcich meteorologické služby pre letectvo v tých štátoch, kde takúto funkciu neplnia národné meteorologické služby.

*Cyril Kunzo  
SHMÚ, Bratislava*

## **BIOKLIMATOLOGICKÉ PRACOVNÉ DNI 2004**

V dňoch 23.-26.8.2004 sa uskutočnila medzinárodná vedecká konferencia venovaná problematike vzťahov medzi živými organizmami a atmosférickým, pôdno-ovzdušným prostredím – bioklimatologická konferencia. Tohtoročné vedecké stretnutie bioklimatológov, hydrológov a ekológov sa uskutočnilo v pohostinnom prostredí Stredného odborného učilišťa poľnohospodárskeho vo Viničkách, v malebnej tokajskej oblasti okresu Trebišov, na východnom Slovensku. Vedecké podujatie sa konalo pod záštitou pána RNDr. Rudolfa Bauera, predsedu Košického samosprávneho kraja a doc. Ing. Jána Tučeka CSc., rektora Technickej univerzity

vo Zvolene. Organizačnú stránku konferencie zabezpečili páni Ing. Štefan Čelovský, konateľ Agreoréal Trebišov a Ing. Ladislav Hrenyo, riaditeľ Stredného odborného učilišťa poľnohospodárskeho Viničky.

Konferencia nadviazala na dlhoročnú tradíciu úspešných vedeckých podujatí – Bioklimatologické pracovné dni a Česko-slovenské bioklimatologické konferencie, ktoré sa v posledných rokoch konali vo Zvolene, Ledniciach, Nitre a Račkovej doline, pod gestorstvom Slovenskej aj Českej bioklimatologickej spoločnosti.

V úvodnom slove konferencie odznelo: „*Zmeny koncentrácií skleníkových plynov, ako aj narušovanie ochranných vlastností zemskej atmosféry majú jedného spoločného menovateľa – človeka. Na druhej strane, práve človek by mal byť tým, ktorý sa dokáže postaviť čelom týmto nastupujúcim problémom a zastaviť, alebo aspoň zmierniť ich negatívne pôsobenie. Ved' naša krásna modro-zelená Zem, nie je plastový pohár na jedno použitie, nemáme možnosť a zatiaľ ani nevieme žiť na inej planéte. Sme preto odsúdení správať sa rozumne a trvalodržateľne*“.

Na konferencii odznelo 87 príspevkov, a bolo prezentovaných 20 posterov v nasledovných sekciách:

- všeobecná klimatológia
- agroklimatológia
- vinohradníctvo a vinárstvo
- lesnícka bioklimatológia
- bioklimatológia živočíchov
- agrohydrologia a ochrana pôd
- geofaktory a životné prostredie.

Vedecké podujatie bolo zamerané na problematiku pôsobenia meniaceho sa podnebia a extrémnosti počasia na živé organizmy. Narušovanie a deteriorizácia životného prostredia, znečisťovanie ovzdušia, hrozba náhlych klimatických zmien sa v nastávajúcich rokoch môžu stať limitujúcimi faktormi rozvoja ľudskej spoločnosti. Extrémnosti počasia, prejavujúce sa hlavne náhlymi zmenami počasia, vyčerpávajúcimi suchými obdobiami, zdrvujúcimi záplavami, alebo nebezpečnými borivými vetrami, môžu v spojitosti s meniacimi sa klimatickými pomermi vážne ohroziť stabilitu ekosystémov.

Rokovanie vo vedeckých sekciách a výbory slovenskej a českej bioklimatologickej spoločnosti odporučili nasledovné závery konferencie:

- zaradiť do aktuálnych tém výskumu zmien klímy aj problematiku zmien bioklimatických podmienok
- prehĺbiť spoluprácu medzi členmi slovenskej a českej bioklimatologickej spoločnosti (SBkS a ČBkS) aj na úrovni spoločných vedeckých projektov
- zapájať do činnosti spoločností mladých vedeckých pracovníkov
- hľadať možnosti pre väčšie uplatnenie výsledkov dosiahnutých v odbore bioklimatológie v médiách
- podieľať sa na objektívnom informovaní verejnosti o stave atmosféry a procesoch prebiehajúcimi medzi organizmami a podnebím
- prispievať k zabezpečeniu odbornej a vedeckej úrovne a k objektívnemu zapracovaniu podkladov pre závažné

a závažné (legislatívne) rozhodovania kompetentných orgánov v oblasti problematiky ochrany atmosféry, bioklimatológie, znečisťovania ovzdušia.

Vynikajúcu atmosféru konferencie doplnili aj spoločenské podujatia venované tradičnej činnosti v tomto regióne – vinohradníctvu a vinárstvu a odborná exkurzia v CHKO Latorica.

Z konferencie bol vydaný zborník abstraktov a CD nosič: Šiska, B.–Igáz, D. (eds.): Climate change - weather extremes, organisms and ecosystems (ISBN: 80-8069-402-8). Vybrané články budú publikované v monotematickom čísle Meteorologického časopisu.

V mene všetkých účastníkov konferencie sa aj touto cestou chceme poďakovať organizátorom, vedeckým garantom, sponzorom konferencie a všetkým tým, ktorí prispeli k zorganizovaniu nevšedného vedeckého podujatia. Veríme, že aj v nasledujúcich rokoch sa slovenským a českým bioklimatológom podarí dodržať tradíciu spoločných vedeckých stretnutí.

Jaroslav Škvarenina,  
predseda Slovenskej bioklimatologickej spoločnosti

## SEMINÁR PRACOVÍSK ÚSEKU OCHRANY OVZDUŠIA ČHMÚ

V dňoch 13.-15. septembra 2004 sa konal každoročný seminár pracovísk úseku ochrany ovzdušia ČHMÚ, v školiacom stredisku v Radostoviciach. Na pozvanie sa už tradične seminára zúčastnili aj zástupcovia odboru Kvalita ovzdušia SHMÚ.

Seminár otvoril zástupca riaditeľa ČHMÚ pre úsek ochrany ovzdušia, Ing. J. Šantroch, CSc. V hlavnom programe seminára odznelo 33 odborných referátov, ktoré boli už počas seminára účastníkom k dispozícii v anotáciách. Organizátorom avizované spojenie seminára s rozšírenou poradou úseku prispelo k neformálnej pracovnej atmosfére.

Program seminára zahrňoval konkrétne aktivity hydro-meteorologických ústavov v Českej i Slovenskej republike v rámci svojich odborných úsekov ochrany, resp. kvality ovzdušia v okruhoch činností:

- Nové činnosti a povinnosti ústavov súvisiace s členstvom v EÚ.
- Meranie znečistenia ovzdušia na automatických a manuálnych monitorovacích stanicách.
- Porovnávacie merania.
- Akreditácia monitorovacích sietí.
- Merania VOC a PAH.
- Nové inštrumentálne analytické metódy v laboratóriách.
- Inventarizácia emisií.
- Matematické nástroje pre hodnotenie kvality ovzdušia.
- Hodnotenie trendov koncentrácií prizemného ozónu.
- Hodnotenie pachovej záťaže obyvateľstva.

Keďže sa seminára zúčastnili zodpovední pracovníci za všetky činnosti úseku ochrany ovzdušia z centrálnych

pracovník ČHMÚ z Prahy aj z pobočiek, s prispáním zástupcov SHMÚ, bola diskusia k jednotlivým referátom smerovaná na konkrétne problémy a ich riešenia. Z prednesených referátov a diskusie bolo možné získať obraz o spôsobe a úrovni zabezpečenia monitoringu kvality ovzdušia na ČHMÚ a identifikovať jeho hlavné problémy. Situácia sa s istým oneskorením vyvíja obdobne aj na SHMÚ. V oboch štátoch sa stabilizuje plošné pokrytie územia monitorovacím systémom. Monitorovacia technika inštalovaná na staniách zodpovedá európskemu štandardu. V laboratóriách vykonávané analýzy i technika, na ktorej sa realizujú, sú v súlade s európskymi smernicami. Taktiež kvalita ovzdušia je hodnotená podľa nového zákona, ktorý európsku legislatívu transponoval. Hlavným z problémov, ktoré zostávajú, a ktorý na seminári rezonoval, je kvalita meraní, teda i výsledkov, a ich vierohodné deklarovanie. To znamená zavedenie systému kvality, jeho certifikácia a ďalej akreditácia vykonávaných činností. Zainteresovaní pracovníci ČHMÚ v sekcii riešili problémy akreditácie monitorovacích sietí a v pléne sa diskutovala realita splnenia akreditačných požiadaviek ešte v tomto roku.

V priebehu seminára sa zástupcovia oboch ústavov vzájomne informovali o svojich zámeroch do budúcnosti a keďže sú naďalej v mnohom podobné, dohodli sa na pokračovaní vzájomne prospešnej spolupráce.

*Ladislav Ronchetti  
SHMÚ, Bratislava*

## METEOROLOGICKÝ RÁDIOLOKÁTOR NA OKRAJI SAHARY

V súčasnom období sa moderné rádiolokátory stávajú významnými pomocníkmi meteorológov a hydroológov už i v krajinách, ktoré ležia v suchších oblastiach sveta. Rádiolokátory slúžia už napríklad i v Kuvajte, Tunisku, Maroku, južnom Iráne. Ďalšou krajinou, ktorá sa rozhodla obstaráť nový meteorologický rádiolokátor v rámci rozsiahlej modernizácie meteorologickej služby, je Líbya. Pri zrode tohto projektu som mal tú česť byť ako externý konzultant WMO, ktorého úlohou bolo uskutočniť výber a obhliadku lokality, ako aj pripraviť podrobnú technickú špecifikáciu pre pripravovaný rádiolokátor. Misia, ktorá sa uskutočnila v druhej polovici augusta 2004 bola úspešná – navrhovaná lokalita je vhodná pre rádiolokátor, jedinou menšou komplikáciou je nutnosť stavby pomerne vysokej veže (cca 30-35m), aby sa eliminovali blízke prekážky v rádiolokačnom horizonte.

Rádiolokátor bude umiestnený v novom modernom areáli meteorologickej služby, južne od Tripolisu, niekoľko kilometrov od medzinárodného letiska. Svojou polohou bude slúžiť nielen pre aglomeráciu hlavného mesta, ale aj pre západnú časť úrodného a osídleného pobrežného pásu krajiny. Hoci v letných mesiacoch sa úhrny zrážok v tejto oblasti pohybujú od 0 mm po nemeateľné množstvá, chladnejšia polovica roka je na zrážky štedrejšia, z času na čas sa tu vyskytujú dokonca privalové zrážky s intenzitami nad 50 mm/h a úhrnmí viac ako 100 mm, ktoré spôsobujú lokálne privalové povodne na riekach smerujúcich k pobrežiu.

Predpokladané využitie rádiolokátora bude široké a rôznorodé. Má slúžiť na merania zrážok pre meteorologické i hydrologické účely, všeobecné meteorologické predpovede, ako aj nowcasting a námornú meteorológiu, agrometeorológiu, protipovodňové varovania, leteckú službu i manažment vodných zdrojov. Dôležitým užívateľom bude Centrum riadenia letovej prevádzky, ktoré dokonca pôvodne plánovalo pre tieto účely obstaráť si vlastný meteorologický rádiolokátor.

Líbyjskí kolegovia z meteorologickej služby, ako i z UNDP, ktorý zastrešuje projekt modernizácie meteorologickej služby v Líbyi, prejavili veľkú snahu o spoluprácu s európskymi službami, ktorá je po zmene politickej línie vedenia krajiny možná a štátom podporovaná. Majú záujem o výmenu skúseností, školenia, tréningy, pobyty expertov a podobne. Predstaviteľ UNDP v Tripolise ma uistil, že privítajú každý návrh a ponuku v tejto oblasti.

Celkové dojmy z misie sú určite kladné. Ľudia v Líbyi sú príjemní a pohostinní, niektorí kolegovia dokonca vycítili, že politické uvoľnenie a otváranie sa svetu, ktoré tam nastalo v poslednom období, sa čiastočne podobá tomu, čo sme u nás zažili na začiatku 90-tych rokov.

*Igor Strmiska  
SHMÚ, Malý Javorník*

## PRACOVNÝ SEMINÁR O MANAŽMENTE KVALITY EMISNÝCH INVENTÚR SKLENÍKOVÝCH PLYNOV

“Workshop on quality control and quality assurance of greenhouse gas inventories and the establishment of national inventory systems” sa konal v Kodani v dňoch 2.-3. 9. 2004. Hlavnými organizátormi tohto stretnutia expertov 25 krajín Európskej únie bola Európska environmentálna agentúra (EEA), Európska komisia v Bruseli (EK), Directorate General Environmental (DG ENV) a European Topic Centre on Air and Climate Change (ETC/ACC). Workshop sa konal pod záštitou EEA v jej sídle, v Kodani.

Okrem zástupcov jednotlivých členských krajín EÚ sa stretnutia zúčastnili aj zástupca UN FCCC a členovia pracovnej skupiny (WG 1) EU GHG Komisie. Pracovná skupina 1 pri Európskej komisii je zameraná na inventarizáciu emisií skleníkových plynov a pravidelne sa stretáva na dôležitých schôdzach k aktuálnym problémom Rámцovej zmluvy UN FCCC niekoľkokrát za rok. Slovenská republika mala zastúpenie na workshope prvýkrát od podpísania Rámцovej zmluvy a Kjótskeho protokolu (od roku 1992).

Hlavnou témou workshopu bola výmena skúseností členských krajín a Európskej komisie pri plnení záväzkov Rámцovej zmluvy (UN FCCC) a Kjótskeho protokolu (KP), budovanie Národného inventarizačného systému podľa požiadaviek FCCC Rozhodnutia 20/CP.7 (FCCC/CP/2001/13/Add.3) a implementácii Quality management systému a QA/QC programu. Každá členská krajina sa prezentovala s príspevkom o inštitucionálnom, právnom a procedurálnom zabezpečení procesu inventarizácie emisií skleníkových plynov a budovaní kapacít pri implementácii požiadaviek UN FCCC a KP.

Chairman, Hartmut Behrend z DG ENV (Európskej komisie), oboznámil členov pracovnej skupiny WG 1 a ostatných prítomných o ďalších legislatívnych krokoch environmentálnej skupiny EK a vyzval nové členské krajiny na aktívnu spoluprácu pri riešení implementačných požiadaviek UN FCCC a KP. Chairman informoval o novopripravovanom legislatívnom návrhu QA/QC programu pre inventarizáciu emisií Európskej únie a požiadal prítomných o vyjadrenie k tomuto návrhu. Po odsúhlasení tohto návrhu bude podrobený legislatívnemu procesu v EÚ a bude musieť byť implementovaný členskými krajinami EÚ koncom roka 2004. Navrhol prijať odporúčania záväzné pre všetky členské krajiny v oblasti harmonizácie povinností súvisiacich s Rámcovou zmlouvou a KP (po očakávanom podpísaní Ruska nadobudne KP v blízkej budúcnosti účinnosť) a povinností vyplývajúcich z legislatívy EÚ. Zároveň bude potrebné zosúladiť povinnosti inventarizácií emisií do ovzdušia pod Protokolmi UN FCCC, CRLTAP a EPER, ako to vyplýva z oficiálneho stanoviska Európskej únie.

### **Záver a odporúčania EK**

Povinnosti a odporúčania vyplývajúce zo stretnutia pracovnej skupiny WG 1 vyplývajú vo veľkej väčšine z povinností, ku ktorým sa Slovenská republika a ostatné členské krajiny EÚ zaviazali pri podpise Rámcovej zmluvy a Kjótskeho protokolu a tiež svojím vstupom do EÚ.

- Najneskôr do 31.12.2005 zaviesť Národný inventarizačný systém a to po inštitucionálnej, systémovej

a právnej stránke. Zodpovedný orgán (MŽP SR) ako Národný ohniskový bod (NFP) pre proces inventarizácie emisií skleníkových plynov a klimatické zmeny je povinný menovať zodpovednú organizáciu (SHMÚ/OKO) a jej kapacitné zabezpečenie. Menovať expertov pre jednotlivé sektory podľa IPCC metodiky a ich spoluprácu právne zabezpečiť (zmluvy, adresné menovité zodpovednosti za koordináciu jednotlivých sektorov).

- Najneskôr do 31.12.2005 ukončiť proces akreditácie a certifikácie Národného inventarizačného systému a jeho zložiek podľa niektorej európskej normy (ISO, EN,...).
- Najneskôr do 31.12.2005 zaviesť do NIS systém manažmentu kvality (QMS) a zdokonaľiť program QA/QC.
- Postupne implementovať všetky legislatívne materiály EÚ v oblasti inventarizácie emisií v ovzduší, rozvíjať a skvalitňovať NEIS, harmonizovať emisné inventúry skleníkových plynov s emisnými inventúrami ostatných škodlivín do ovzdušia (CRLTAP, EPER).
- Archivovať všetky súvisiace materiály podľa pravidiel „dobrej praxe“.
- Organizovať „cross-country“ stretnutia na kontrolu emisných inventúr a výmenu informácií a skúseností v oblasti inventarizácie emisií.

*Janka Szemesová  
SHMÚ, Bratislava*



# PERSONÁLIE

## PERSONALS

### K 65. NARODENINÁM PROF. ING. RUDOLFA MIDRIAKA, DRSC.

18. 7. 2004 oslávil 65 rokov popredný slovenský lesník, ekológ, krajinár a geomorfológ prof. Ing. Rudolf Midriak, DrSc. Narodil sa v Môťovej pri Zvolene. Po maturite na gymnáziu vo Zvolene v roku 1956 ho láska k prírode priviedla k zápisu na tamjšiu Lesnícku fakultu Vysokiej školy lesníckej a drevárskej (VŠLD). V rokoch 1962-1965 bol interným vedeckým aspirantom Výskumného ústavu lesného hospodárstva (VÚLH) vo Zvolene v odbore meliorácie (školiťel prof. Zachar) kde získal hodnosť kandidáta vied. Na VÚLH pôsobil ako vedecký sekretár ústavu, vedúci výskumnej stanice LH v Košiciach. V roku 1982 obhájil doktorskú dizertačnú prácu a získal hodnosť doktora vied. V roku 1987 sa stal profesorom meliorácií a ekológie krajiny na bývalej VŠLD, teraz Technickej univerzite (TU) vo Zvolene. Patrí k zakladateľom Fakulty ekológie a environmentalistiky (FEE) a Katedry krajinej ekológie TU, ktorej bol vedúcim do roku 2004. Na FEE je garantom študijného odboru Aplikovaná ekológia, doktorandského štúdia Ekológia, garantom habilitácií a inaugurácií v týchto odboroch. Sám vyučuje Ekológiu krajiny, Meliorácie, Geoekológiu horských a vysokohorských oblastí. Bol dve funkčné obdobia (1997-2003) členom Akreditačnej komisie, poradného orgánu vlády SR. Ako predseda troch pracovných skupín komisie pre vedy ekologickej a environmentálnej, lesníckej, drevárskej prispel k riešeniu konkrétnych otázok vysokoškolskej politiky v celoštátnom meradle. Vedecká komunita meteorológov a bioklimatológov osobitne oceňuje prácu prof. Midriaka pri krajinoekologickom smerovaní profiácie fakulty, kde bioklimatológia, meteorológia a klimatológia našli svoje trvalé uplatnenie pri výučbe a výchove mladej generácie v ekológii a environmentalistike.

Predmetom vedeckého záujmu jubilanta bola erózia pôdy, spustnuté pôdy a ich zalesňovanie. Venoval sa tiež geomorfológii, otázkam funkčne integrovaného lesného hospodárstva, ochrane pôdy, krajinných systémov a foriem. Zaujímali ho výskumne problémy vsakovania vody, odnosu

zemín a ich premiestňovanie na svahu, potenciály krajiny, ekologická únosnosť rôznych typov krajiny.

Prof. Midriak patrí k dlhoročným členom Slovenskej bioklimatologickej spoločnosti pri SAV (od roku 1970). Jeho výskumná činnosť v oblasti klimatických a bioklimatických funkcií horských lesov, v sfére vplyvov hydroklimatických činiteľov na deštrukciu povrchu pôdy, v oblasti vzťahov klimatických pomerov a geomorfologických procesov vysokých pohorí, ako aj z problematiky povrchového odtoku vody a protilavínových funkcií lesov vždy vychádzali z poznatkov modernej bioklimatológie a posúvali túto vednú disciplínu na svetovú úroveň. Pri vedeckom bádani dokázal skĺbiť rôznorodé poznatky o pôdno-ovzdušnom prostredí ekosystémov s náročnými fyzicko-geografickými aplikáciami v krajinoekologickom ponímaní. Najnovšie vedecké práce prof. Midriaka reagujú aj na problematiku dôsledkov klimatických zmien, a načrtávajú riešenie týchto problémov z krajinoekologického hľadiska. Zoznam jeho publikačnej činnosti za roky 1963-2004 obsahuje 466 titulov. Za jeho zatiaľ najvýznamnejšiu prácu možno označiť monografiu „Morfogenéza povrchu vysokých pohorí“ (vydalo Vydavateľstvo SAV Veda v roku 1983). Položil v nej vedecké základy geoekológie a geomorfológie vysokých pohorí sveta a chladných klimatických oblastí severnej pologule.

Prof. Midriak bol členom viacerých krajinárskych, bioklimatologických a prírodovedeckých expedícií (Kaukaz, Himaláje, Špicbergy, Vietnam, Island, Orkneje, Shetlandy, Thajsko, Balkánske hory, Tunis, Egypt, Izrael, Sýria, Turecko, Jordánsko, Alpy a i.). Z nich bolo nakrútených 19 filmov, publikované 3 knižné publikácie a viaceré časopisecké príspevky.

Dovoľte, vážený pán profesor, zaželať Vám do ďalších rokov dobré zdravie, mnoho tvorivých síl v plnení Vášho životného poslania, veľa spokojnosti v osobnom živote a ešte mnoho stretnutí s kolegami, ktorí vysoko oceňujú Váš prínos k rozvoju bioklimatológie a meteorológie na Slovensku i v zahraničí.

*Jaroslav Škvarenina a Rudolf Šály  
Technická univerzita Zvolen*