

Varga J. —

# IDŐJÁRÁS

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT HIVATALOS LAPJA

## TARTALOM

*Olberg, M.*: A Dzerdzejevskij-féle zonális és meridionális cirkulációs típusok tartamának eloszlástörvénye (angol nyelven) ..... 193

*Villevieille, A.*: Űrendszerek a meteorológia fejlődésében (angol nyelven) ..... 202

*Tánczer T.*: A cirkulációs gyorsulás szerepe a frontális felhőzet megjelenésében 209

*Koppány Gy.*: Módszer a természetes időjárás ciklusok tartamának előrejelzésére ..... 216

*Fekete I.*: Különböző skálájú vertikális mozgások és a felhőzeti mező kapcsolata egy anticiklonban ..... 223

*Paál A.*: A felsőlégköri lég- és elektron-sűrűség egy geomágneses vihar idején 231

A Föld éghajlatának megváltozásáról (WMO Bulletin, 1977 No. 1.) ..... 236

Irodalom ..... 243

Krónika..... 249

## CONTENTS

*Olberg, M.*: The Distribution Law of the Periods of the Dzerdzejevskij Types of Zonal and Meridional Circulation (English Text) ..... 193

*Villevieille, A.*: Space Systems in the Development of Meteorology (English Text) 202

*Tánczer, T.*: The Role of the Acceleration of Circulation in the Forming of Frontal Clouds ..... 209

*Koppány, Gy.*: Method for Prediction of the Duration of Natural Weather Cycles 216

*Fekete, I.*: Connection between the Vertical Motions of Different Scales and the Cloudiness in an Anticyclone ..... 223

*Paál, A.*: The Air and Electron Density of the Upper Atmosphere during a Geomagnetic Storm ..... 231

Technical Report by the WMO Executive Committee Panel of Experts on Climatic Change (WMO Bulletin, January 1977, Vol. XXVI, No. 1.) ..... 236

Literature ..... 243

Chronicle..... 249

# IDŐJÁRÁS

---

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT HIVATALOS LAPJA  
JOURNAL OF THE METEOROLOGICAL SERVICE  
OF THE HUNGARIAN PEOPLE'S REPUBLIC

## SZERKESZTŐ BIZOTTSÁG – EDITORIAL BOARD:

AMBRÓZY P. (Budapest)	LOGVINOV, K. (Kijev)
ANTAL E. (Budapest)	MÁDE, A. (Halle/Saale)
BAUR, F. (Bad Homburg)	MÉSZÁROS E. (Budapest)
<u>BERGERON, T. (Uppsala)</u>	VAN MIEGHEM, J. (Bruxelles)
BESSEMOULIN, M. J. (Paris)	NGUYEN-XIEN (Hanoi)
BODOLAI I. (Budapest)	OKOLOWICZ, W. (Warszawa)
BOSSOLASCO, M. (Genova)	PASZYNSKY, J. (Warszawa)
BÖHME, W. (Potsdam)	PÉCZELY GY. (Szeged)
BUDYKO, M. I. (Leningrad)	RÁKÓCZI F. (Budapest)
ČADEŽ, M. (Beograd)	STEINHAUSER, F. (Wien)
DAVITAJA, F. F. (Tbiliszi)	STELCZER K. (Budapest)
DONEAUD, A. (Bucuresti)	SZEPESI D. (Budapest)
GÖTZ G. (Budapest)	TAKEUCHI, K. (Tokio)
GULYÁS O. (Budapest)	TUVDENDORZS, D. (Ulan-Bator)
<u>HROMOV, SZ. P. (Moszkva)</u>	VARGA-HASZONITS Z. (Budapest)
KONČEK, M. (Bratislava)	VITEK, V. (Prah)
<u>KRASTANOV, L. (Szofia)</u>	WHITE, R. M. (Rockville)

ELNÖK – CHAIRMAN OF THE EDITORIAL BOARD:  
DÉSI F. (Budapest)

SZERKESZTŐ – EDITOR: LÓRINCZ ANNA (Budapest)

*Szerkesztőség – Editorial Office:*  
H-1024 Budapest, Kitaibel Pál u. 1. HUNGARY

# IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 81. évf. 4. szám. 1977. júl. – aug.  
*Journal of the Meteorological Service. Vol. 81, No 4, July – August 1977 Budapest*

## The Distribution Law of the Periods of the Dzerdzeevskij Types of Zonal and Meridional Circulation

M. OLBERG, *Bereich Meteorologie und Geophysik der Sektion Physik der Humboldt-Universität, Berlin*

A Dzerdzejevskij-féle zónális és meridionális cirkulációs típusok tartamának eloszlástörvénye. A Dzerdzejevskij által definiált zónális és meridionális cirkulációs típusok tartamának gyakorisági eloszlására analitikus függvényt állítottunk elő. Az empirikus eloszlási görbék közelítését a „meghibásodási mérték” függvény, vagy más néven kockázatfüggvény alapján kaptuk meg. A meghibásodási simodell megválasztását a napi zónális és meridionális cirkulációs típusok idősorában lévő fennmaradási tendencia figyelembevételével végeztük. A Dzerdzejevskij által megállapított három cirkulációs korszakban a meghibásodási mérték függvény különböző paraméter-értékeire a cirkulációs típusok tartamának eloszlásgörbét nagyon kielégítően sikerült leírni.

✱

*Распределение повторяемости периодов зонального и меридионального типов циркуляции по Дзердзеевскому.* Распределение повторяемости периодов зональных и меридиональных типов циркуляции по Дзердзеевскому описывается аналитической функцией. Аппроксимация эмпирических кривых распределения осуществляется на основании функции «частоты отказов», известной также под названием функции риска. Модель отказов была выбрана с учетом тенденции к сохранению, намечающейся во временном ряду суточных зональных и меридиональных типов циркуляции. Для различных величин параметров функции отказов в трех циркуляционных этапах, определенных Дзердзеевским, получена весьма удовлетворительная аппроксимация кривых распределения периодов типов циркуляции.

✱

### 1. Introduction

Our knowledge about climatic fluctuations must become more extensive to satisfy the demand for advice on the probable future trend of climate, which came from many quarters (*Lamb* [8]). The research of climate fluctuations, which is one of very great scientific complexity, includes among other methods the statistical modelling and interpretation of the fluctuations and persistence in meteorological – climatological time series (see e.g. [16]). Because the climate and its fluctuations are determined by the general atmospheric circulation, the time series of the elementary circulation mechanisms (ECM) for the northern hemisphere, defined by *Dzerdzeevskij* [2, 3], is appropriate for gathering information about climatic fluctuations.

Especially, the statistical treatment of the time series of *Dzerdzeevskij*'s types of zonal and meridional circulation is relevant to obtain additional informations about climatic fluctuations.

In the present paper we will approximate the frequency distribution of the periods (time intervals between successive changes of the circulation type) of the zonal and meridional types of circulation by a mathematic function taking in consideration the persistence tendency in the given time series. The knowledge of the distribution law of the periods of the zonal and meridional

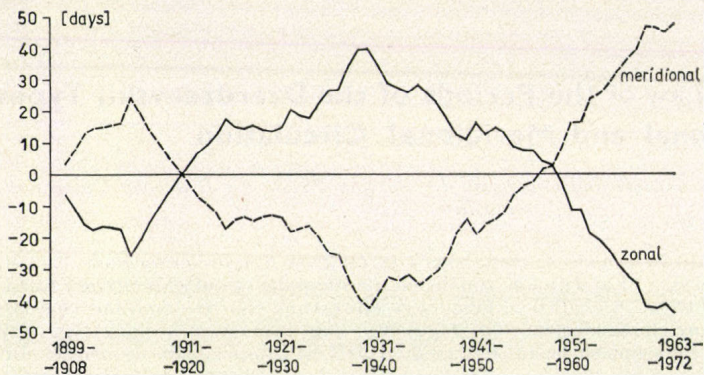


Fig. 1: Deviations of the ten years moving average values of the annual numbers of days with meridional and zonal circulation type from the long-term average values

types of circulation is of great interest for the persistence behaviour of the circulation regime and for many other problems of the general circulation of the atmosphere.

## 2. Data-set and empirical results

*Dzrdzeevskij* distinguished between 41 types of ECM's. Every day of the years 1899 till 1972 an ECM is assigned. The resulting series of ECM's for the said time interval is published in [2, 3]. It is possible to classify the 41 ECMs into two groups characterizing a zonal and a meridional circulation type for the northern hemisphere. The numerical treatment of the data set starts with assigning all days with meridional type of circulation the value +1 and all days with zonal type the value -1. Days without classification of the circulation are marked by the value 0. At the assigning procedure corrections are made inasmuch, that one day without a circulation type between days with the same type of circulation is counted as a day with this type of circulation.

Now, for every month one can add the number of days with meridional and zonal types of circulation, respectively. In that manner, two series of monthly numbers of days were found.

If we concentrate the dates once more by summation of the monthly numbers for one year, respectively, and applicate an equally weighed moving average procedure with the length of 10 units (years) to the new decimated time series of annual values, we receive a long-term variation, which is shown in *Figure 1*. In the figure the deviations of the smoothed annual values of the two time series from their average values are presented (see also *Dzrdzeevskij* [3]). The average values of the time interval from 1899 to 1972 are 138 days/year with zonal circulation and 219 days/year with meridional circulation, whereat, the days without a circulation type are not considered.

It can be seen from *Figure 1* that the said time interval is divided into three epochs of circulation, namely 1899-1916, 1917-1950, 1951-1972.

Appropriate to these time intervals the statistical analyse of the data set is made separately for the three epochs. First, following out of the alternative

series (+1 meridional, -1 zonal), the relative frequencies of the periods of both types of circulation are evaluated. By it, no distinction is made between the two types. The found empirical distributions of durations of one type of circulation are shown in *Table I* and in the *Figures 2a-2c*. As it can be seen the distributions indicate a rapid increase of the relative frequencies from nearly

TABLE I  
Frequency distribution, number of days  $n$  without a change of circulation type

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1. epoch	0	29	113	91	65	59	42	34	38	18	18	13	12	13	12	9	8	11	7	5	
2. epoch	0	47	166	183	127	109	82	78	69	58	48	33	27	30	20	12	24	14	14	9	
3. epoch	1	159	200	134	81	83	56	35	36	31	16	22	24	17	15	13	12	12	11	11	
n	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
1. epoch	4	6	4	2	7	3	1	8	4	1	3	2	1	2	2	0	2	1	1	3	
2. epoch	9	12	12	7	7	11	4	4	6	7	5	5	4	5	5	4	2	1	4	2	
3. epoch	10	9	3	4	6	6	5	4	1	2	2	1	0	3	4	0	1	2	0	0	
n	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60 <sup>1)</sup>	$\Sigma$
1. epoch	1	2	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	669
2. epoch	0	0	3	0	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	2	0	1282
3. epoch	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	2	0	0	0	0	1040

1) In addition to these numbers of days there are one type of circulation with 75, 70, 81 and 92 days in first epoch, 67, 72 and 85 days in the second epoch, and 72 days in the third epoch.

zero for a period of one day up to a maximum value of the relative frequencies for duration lengths of three to four days. After that, the relative frequencies decrease approximately to an exponential function with increasing time intervals between two successive changes of the circulation type.

Now, we will try to fit the empirical distributions curves for the three time epochs by a model distribution.

### 3. The fitting-model

A first theoretical description of the distribution law of the periods of circulation types was attempted by *Olberg, Graf, Witschel* [10]. There, the time series of occurrence moments of change from meridional to zonal type of circulation and vice versa was approximated by a *Poisson* process. A property of the *Poisson* process in time is that the time intervals between successive events are exponentially distributed, so that the probability density of two consecutive events being separated by a time interval of length  $\tau$  is

$$f_X(\tau) = \lambda \exp(-\lambda\tau) \text{ for } \tau \geq 0. \quad (1)$$

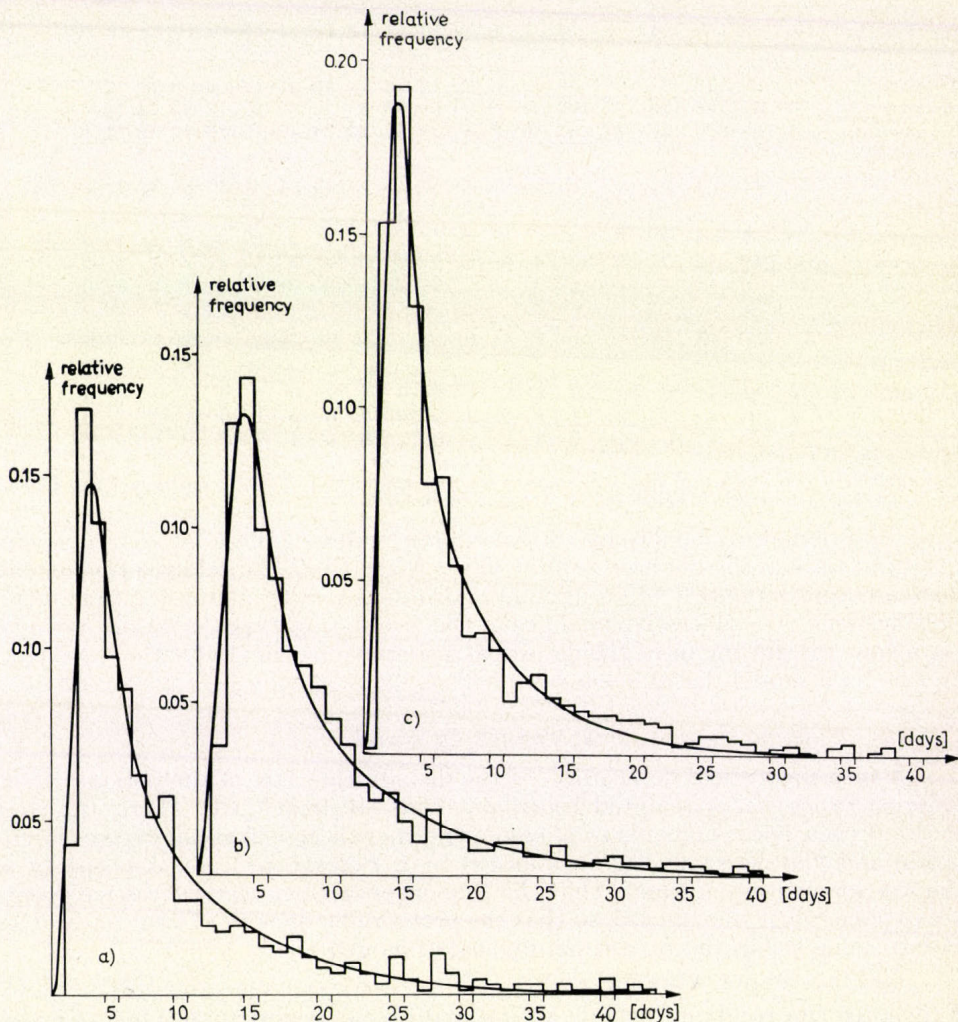
$X$  denotes the random variable whose realization is the time interval  $\tau$  (see e.g. *Lahres* [7], *Ross* [15], *Smirnow, Dunin - Barkowski* [13].)

However, the goodness of fit of the empirical distributions by the *Poisson* process was not satisfactory. The steep maximum for low  $\tau$ -values produces a great departure between the empirical and theoretical curves. Another property of the *Poisson* process is its lack of memory (see *Feller* [4]). Because we must suppose a persistence tendency in our time series, the *Poisson* process is not applicable to the time series. Therefore, a modification of the model process was necessary. That was done by *Olberg* [12] analogous to the process modifica-

tion used by searching the persistence behaviour of the monthly mean temperature deviations of Europe by *Baur* (see *Olberg* [11]).

Here, we will not consider the series of change points of the circulation types for modelling our time series, but we will use the failure-rate concept to find the distribution law of the waiting times.

In the statistical analysis of reability and life data (see e.g. *Gnedenko*,



*Fig. 2:* Relative frequencies of the periods of the circulation types a) (first epoch, 1899 – 1916), b) (second epoch, 1917 – 1950), c) (third epoch, 1951 – 1972)

*Beljajew, Solowjew* [5], *Mann, Schafer, Singpurwalla* [9], *Ross* [15]) it is usual to attempt a description of the length of the life of a structure by a failure distribution based on the failure rate function, also called the hazard rate.

The run of our model series of +1 and -1 values will fail in each case only if a change of circulation type occurs. We are interested in the distribution

of the random variable  $X$ , where  $X$  denotes the time interval between two successive occurrences of circulation changes.  $X$  represents the time failure of the run of circulation types.

Let  $(F\tau)$  be the distribution function of the random variable  $X$ , and let  $f(\tau)$  be its probability density function. Then,  $1 - F(\tau) = P\{X \geq \tau\}$  is the probability that during the time interval  $\tau$  no change occurs, and the failure rate function,  $h(\tau)$ , is defined as

$$h(\tau) = f(\tau) / (1 - F(\tau)). \quad (2)$$

The failure rate, which is a function of the time interval  $\tau$ , has a probabilistic interpretation; namely in our situation,  $h(\tau)d\tau$  represents the probability that a circulation type of duration  $\tau$  will change in the interval  $(\tau, \tau + d\tau)$ , or

$$h(\tau) = \lim_{\Delta\tau \rightarrow 0} \frac{1}{\Delta\tau} P \left\{ \begin{array}{l} \text{a circulation type of age } \tau \text{ will change in the interval} \\ (\tau, \tau + \Delta\tau) ; \text{ it has survived up to } \tau \end{array} \right\} \quad (3)$$

Besides the hazard rate  $h(\tau)$ , in extreme value theory the hazard rate is called the intensity function (see Gumbel [6]), another function is of great importance, namely, the hazard function of the distribution  $F(\tau)$ . The hazard function is given by the formula

$$H(\tau) = \int_0^{\tau} h(t) dt. \quad (4)$$

A distribution  $F(\tau)$  is said to have increasing failure on the average if  $H(\tau)/\tau$  increases in  $\tau$  for  $\tau \geq 0$ . The wanted probability density function  $f_x(\tau)$  can be recovered out of equation (2) and (4) to

$$f_x(\tau) = h(\tau) \exp[-H(\tau)], \quad (5)$$

and the distribution function becomes

$$F(\tau) = 1 - \exp[-H(\tau)]. \quad (6)$$

Now, on the basis of meteorological interpretation of the equation (3) and the expression  $H(\tau)/\tau$  we are at liberty to choose the functional form of  $h(\tau)$  or  $H(\tau)$  for our particular time series.

To derive the function  $h(\tau)$  to suit our empirical results, first have a look at the *Poisson* process again. This process has no memory, that implies according to equation (3) a constant failure rate,  $h(\tau) = \lambda$  for  $\tau \geq 0$ . The hazard function of the *Poisson* process becomes  $H(\tau) = \lambda\tau$  and with it equation (5) yields the probability density function (1).

We know that the *Poisson* process is not suitable to describe our time series of events because the failure rate is constant and therefore, the distribution function also has a constant failure on the average,  $H(\tau)/\tau = \lambda$ . For that reason we have to choose a time dependent failure rate, which increases with increasing  $\tau$ -values. This assumption is necessary because it can be supposed, that the probability of occurring of one change of circulation type in the small time interval  $\Delta\tau$  in expression (3) increases as the interval  $\tau$  without a change of the circulation type gets longer. Therewithal, the persistence tendency in meteorological time series effects in the first time after a circulation change a small probability for a new change and an increasing of this probability if the time distance  $\tau$  from the preceding change gets longer.

We have seen that  $h(\tau)$  represents the probability density that a circulation of age  $\tau$  will change its type. Having the above said in mind, the average failure rate  $H(\tau)/\tau$  must be nearly zero for small  $\tau$ -values, and then increase up to time  $\tau$ , firstly very little, then stronger so that for very large  $\tau$ -values  $H(\tau)/\tau$  becomes constant. In other words, we assume the following limits of the average failure

rate of our distribution,  $\lim_{\tau \rightarrow 0} \frac{H(\tau)}{\tau} = 0$ ,  $\lim_{\tau \rightarrow 0} \frac{d}{d\tau} \left( \frac{H(\tau)}{\tau} \right) = 0$ , and  $\lim_{\tau \rightarrow \infty} \frac{H(\tau)}{\tau} = \text{const.}$

Following this train of thoughts it seems to be suitable to choose as average failure rate the function

$$\frac{H(\tau)}{\tau} = \kappa \left( 1 - e^{-\alpha\tau^2} \right). \quad (7)$$

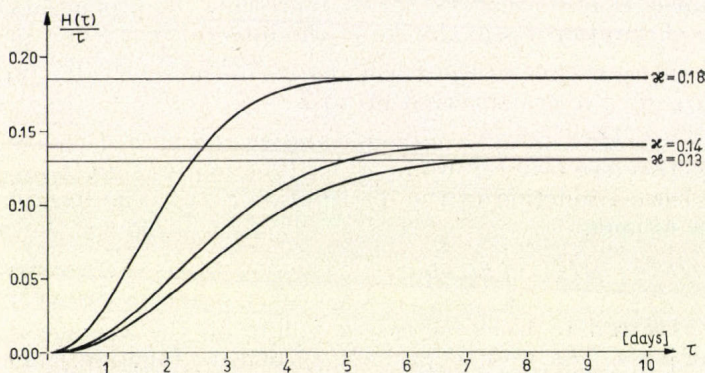


Fig. 3: Average failure-rate functions for the three epochs

In *Figure 3* the graphical representation of this function is shown for the three epochs.

The hazard rate itself becomes

$$h(\tau) = \kappa \left( 1 - (1 - 2\alpha\tau^2)e^{-\alpha\tau^2} \right). \quad (8)$$

To confirm this particular choice of the functions  $H(\tau)$  and  $h(\tau)$ , in addition to the above-mentioned required behaviour of the average hazard rate we notice a remarkable property of the persistence tendency in meteorological series of events. Often, it can be observed (see *Bartels* [1], *Süring* [14]) that the persistence tendency effects a steadiness of the weather, which is the greater the longer the weather period continues. With regard to the hazard rate of our process this would mean that the probability (3) first of all is small after a change of the circulation type, however, then rapidly becomes greater in increasing time interval  $\tau$ . Happens there no change of the circulation type up to a time  $\tau_{\max}$ , then the probability that a change of circulation appears decreases again. Therefore, has a circulation type first survives a certain time interval, then it becomes so stable that the probability of its continuation increases again and there must be particular occasions to change the overcoming type of circulation. It can be seen that the chosen function (8) for the hazard rate turns out this wanted meteorological behaviour of the probability (3). In *Figure 4* the graphics of the hazard rate functions are shown.

Finally, the distribution function of the periods of circulation types follows to

$$F(\tau) = 1 - \exp \left[ -\kappa\tau \left( 1 - e^{-\alpha\tau^2} \right) \right], \quad (9)$$

and the probability density function of the random variable  $X$ , representing the time interval  $\tau$  between two successive changes of the circulation type becomes

$$f_X(\tau) = \kappa \left[ 1 - (1 - 2\alpha\tau^2)e^{-\alpha\tau^2} \right] \exp \left[ -\kappa\tau(1 - e^{-\alpha\tau^2}) \right]. \quad (10)$$

The parameter  $\alpha$  determines the shape of the distribution law (10). If  $\alpha \rightarrow \infty$  we obtain the *Poisson* distribution with the value  $f_X(\tau=0) = \kappa \equiv \lambda$  and an exponential descent in increasing  $\tau$ -values.  $\alpha > 0$  gives for  $\tau$  equal to zero the

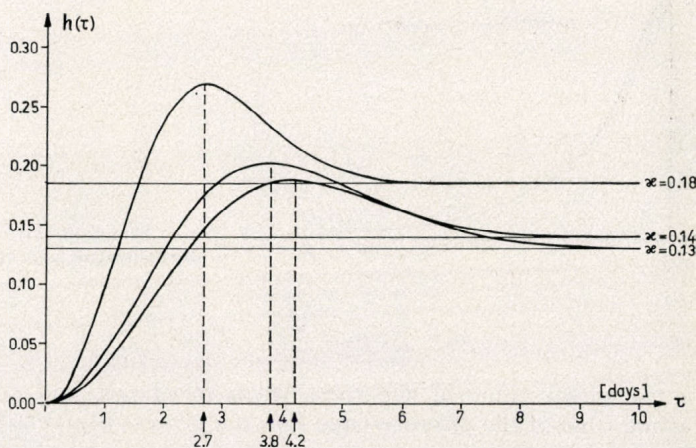


Fig. 4: Hazard rate for the three epochs

probability density  $f_X(\tau=0) = 0$  and a peak in the following course of the curve  $f_X(\tau)$ . The position of the peak gets out of place to greater  $\tau$ -values in decreasing  $\alpha$ -values.

The distribution density function (10) is thus a flexible distribution propitious for the approximation of our empirical distribution.

The maximum of the hazard rate function (8) is placed at  $\tau_{max} = \sqrt{3/2\alpha}$ , pointing out that the position of the maximum only depends on the shape parameter  $\alpha$ , whereas  $\kappa$  determines the value of the maximum. It is

$$h(\tau_{max}) = \kappa [1 + 2 \exp(-3/2)] = 1,446 \kappa. \quad (11)$$

If the values of the shape parameter  $\alpha$  and the scale parameter  $\kappa$  are adequate chosen, the distribution density function (10) reflects a steep maximum at low  $\tau$ -values. For large  $\tau$ -values, the term  $\kappa \exp(-\kappa\tau)$  in equation (10) dominates, giving the distribution density function an approximately exponential tail (see *Figures 2a-2c*). We have pointed out that the *Poisson* process is not suitable to describe our empirical distribution. To demonstrate the effect of the persistence tendency once more and to show the difference between the found distribution and the *Poisson* distribution, in *Figure 5* the graphics of the two functions  $\exp[-H(\tau)]$  and  $\exp[-\kappa\tau]$  are represented for the first epoch. The hatched area just reflects this deviation in the beginning of the  $\tau$ -abscissa. The hatched area also gives the value of the deviation of the mean age of the circulation periods from the mean waiting time of the *Poisson* process. It follows

$$\bar{\tau} = \int_0^{\infty} \tau f_X(\tau) d\tau = \int_0^{\infty} [1 - F(\tau)] d\tau = \int_0^{\infty} e^{-H(\tau)} d\tau. \quad (12)$$

Since  $\tau$  only possesses integer values  $\tau = 1, 2, 3, \dots$ , and the probabilities of this runs  $\tau = n$  are

$$p_n = F(n) - F(n-1) = e^{-H(n-1)} - e^{-H(n)}, \quad (13)$$

instead of equation (12) we have to write

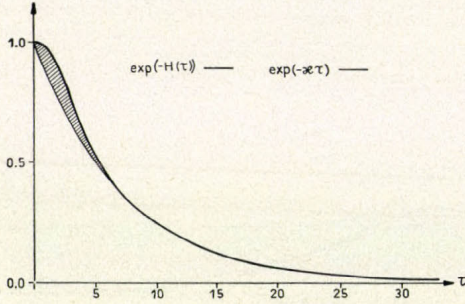


Fig. 5: Function  $\exp(-H(\tau))$  and function  $\exp(-\kappa\tau)$  for the first epoch

$$\bar{\tau}_n = \sum_{n=1}^{\infty} n p_n = \sum_{n=0}^{\infty} [1 - F(n)] = \sum_{n=0}^{\infty} e^{-H(n)} \quad (14)$$

for the mean value of the runs. With  $H(n) = \kappa n$  and  $\exp(-\kappa) = \rho$  the mean waiting time of the discrete-time *Poisson* process is given by the formula

$$\bar{\tau}_p = \sum_{n=0}^{\infty} \rho^n = \frac{1}{1 - \rho} \quad (15)$$

In *Table II* the difference  $\bar{\tau}_n - \bar{\tau}_p$  is pointed out, showing the deviation of the average values of the runs.

TABLE II

Epoch	Parameter		$\tau_{\max}$ [days]	$\tau_{\text{av}}$ [days]	S [days]	$\rho = e^{-\kappa}$	$\bar{\tau}_p$ [days]	$\bar{\tau}_n$ [days]	$\bar{\tau}_n - \bar{\tau}_p$ [days]	
	Scale $\kappa$	Shape $\alpha$								
First	1899-1916	0,14	0,105	3,8	9,8	10,5	0,87	7,6	8,1	0,5
Second	1917-1950	0,13	0,085	4,2	9,7	9,0	0,88	8,2	8,8	0,6
Third	1951-1972	0,18	0,205	2,7	7,7	7,8	0,83	6,1	6,4	0,3

#### 4. The empirical values of the parameters of the distributions

In the three epochs the theoretical function (10) is fitted to the empirical distribution for the values of the scale parameter  $\kappa$  and the shape parameter  $\alpha$  given in *Table II*.

Together with the empirical distributions in the *Figures 2a-2c* the corresponding approximation probabilities  $p_n = F(n) - F(n-1)$  for the integer values  $n = 1, 2, 3, \dots$  are shown. The agreement of the two curves is very satisfactory.

Besides the scale and shape parameter values in *Table II* the empirical average values  $\tau_{\text{av}}$  and the dispersion  $s$  of the distribution of the durations of one type of circulation are given. If we look at the numerical values and the curves we see that the difference between the first and the second epoch is

very little. In these two epochs the most frequent numbers of days with one circulation type are placed at three to four days, whereas, in the third epoch the maximum of the distribution curve lies at two to three days. A comparison of the distribution curves of the two meridional epochs (the first and the third epoch) shows the greater relative frequencies of the longer periods and the greater value of the dispersion in the first epoch. Hitherto, no decision was possible whether this fact is conditional to meteorological effects or not. The check of this statement is difficult because the third epoch is not complete.

The effect of the persistence tendency with regard to the mean duration of the circulation periods is given by the difference values  $\bar{\tau}_n - \bar{\tau}_p$ . We see the persistence tendency only produces a small correction of the mean value of  $\tau$ . The somewhat greater values of the empirical average values  $\tau_{av}$  are caused by the greater number of high  $\tau$ -values in the empirical distribution which are not seized by the found theoretical distribution function.

#### REFERENCES

- [1] *Bartels, J.*: Gesetz und Zufall in der Geophysik. Naturwissenschaften, Berlin 31 (1943), 421 – 435.
- [2] *Дзержевский, Б. Л.*, Циркуляционные механизмы в атмосфере северного полушария в XX столетии. Институт Географии АН СССР, Москва 1968 и 1970.
- [3] *Дзержевский, Б. Л.*: Общая циркуляция атмосферы и климат. Москва 1975.
- [4] *Feller, W.*: An Introduction to Probability Theory and its Applications. Vol. I New York/London 2nd ed. 1957.
- [5] *Gnedenko, B. W., Beljajew, J. K., Solowjew, A. D.*: Mathematische Methoden der Zuverlässigkeitstheorie. Bd. I Berlin 1968.
- [6] *Gumbel, E. J.*: Statistics of Extremes. New York 1958.
- [7] *Lahres, H.*: Einführung in die diskreten Markoff-Prozesse und ihre Anwendungen. Leipzig 1964.
- [8] *Lamb, H. H.*: Long-term Climatic Fluctuations. WMO Bulletin, Geneva Vol. XXV No. 1. (1976).
- [9] *Mann, N. R., Schafer, R. E., Singpurwalla, U. D.*: Methods for Statistical Analysis of Reability and Life Data. New York/London/Sydney/Toronto 1974, pp. 116.
- [10] *Olberg, M., Graf, H – F., Witschel, W.*: Andauerstatistik und Persistenzverhalten der Zirkulationsformen nach Dzerdzeevskij. Z. f. Meteorologie, Berlin 26 (1976), 25 – 32.
- [11] *Olberg, M.*: Zum Persistenzverhalten der Monatsmitteltemperatur – Abweichungen für Mitteleuropa nach Baur. Időjárás, Budapest 80 (1976), 134 – 143.
- [12] *Olberg, M.*: Zum Verteilungsgesetz der Andauern von zonalen und meridionalen Zirkulationsformen auf der Nordhemisphäre. Z. f. Meteorologie, Berlin 27 (1977), im Druck.
- [13] *Smirnow, N. W., Dunin-Barkowski, I. W.*: Mathematische Statistik in der Technik. Berlin 1963, S. 350.
- [14] *Süring, R.*: Hann – Süring Lehrbuch der Meteorologie. Bd. II, 5. Aufl. Leipzig 1951, S. 903 ff.
- [15] *Ross, S. M.*: Introduction to Probability Models. New York/London 1972, pp. 129.
- [16] WMO Technical Note No. 79 (1966): Climatic Change.

# IDÓJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 81. évf. 4. szám. 1977. júl. – aug.  
*Journal of the Meteorological Service. Vol. 81. No 4 July – August 1977 Budapest*

## Space Systems in the Development of Meteorology\*

A. VILLEVIEILLE, *Meteorological Space Research Office, Paris*

Space techniques have gained entry to the arsenal of techniques used in meteorology through the back door and, only after convincing arguments and demonstrations of their effectiveness, have they finally been accepted.

Why this initial reluctance? It is by no means easy to give reasons. Firstly, no doubt, there was distrust, since the first satellite "products" were the result of imagery and subjective interpretation; they were thus open to doubt, ill-adapted to quantitative evaluation and consequently contrary to the tendency of present day meteorologists towards simulation and purely "objective" models.

And then there was distrust of a kind for which there was some justification, due to the very premature and dangerous announcement that, with the appearance of the satellite, a new panacea had been found, capable of making all the observations unaided, or even of making forecasts! But, of course, there is no such panacea: the satellite, no more than the radiosonde or radar, will not resolve the problems of making observations – it is merely one of the more useful tools.

There was also distrust from the financial point of view, for the satellite has, for long, had the reputation of being fragile; it is costly, the element of risk is high and its average "life" somewhat limited.

In a world in which strict economy is essential this argument has undoubtedly carried much weight with the decision-making bodies. But, of course, the price is not the only consideration: the price should be weighed against the resulting advantages. And it is here that, after 15 years of leisurely thinking on the matter, we now seem to have reached a real turning point in space meteorology. For the cost/benefit ratio which was at first unfavourable is now reaching the levels which are considered as "reasonable" in other branches of the discipline.

The cost is taken to mean: initial cost, corrected for risk of failure (unsuccessful launching, or termination of active life due to a failure) and the day-to-day operational expenses.

The overall risk is no longer so great: it is true that the risk of an unsuccessful launching cannot be disregarded, but the reliability of the electronic or opto-electronic components, the "life" of solar cells, which have better protection against hard particular radiations, new facilities for dealing with breakdowns in flight based on an ever-increasing number of remote control systems, have now reached the point when the average "life" has increased from a nominal 6 months right at the beginning, to 5 or even 10 years, as in the case of the two geostationary satellites ATS-1 and ATS-3, which are largely meteorological satellites, launched in 1967, and whose life will come to an end this year.

Since the technology used for these satellites is now 10 years out of date, we have every confidence in the figures which are now being given, namely, 10 years and perhaps 15 years, the hopes for the "life" of certain new spacecraft being the result of developments during series of tests.

Consequently a satellite may reasonably be allowed to "run down". For a unit cost of the order of 30 to 50 million dollars (for a geostationary satellite), the annual investment would be brought to the more acceptable rate of 3 to 5 million dollars.

If we consider a polar-orbiting satellite of comparable order of magnitude, capable of making the equivalent of a radiosounding from above – which we would like to call a

\* A lecture given by A. Villeveille to the Session of RA VI in Budapest, October 1976.

“telesounding” – we may attempt to reduce this cost to the cost per unit information, i.e. a spot sounding. Thus, making an extremely conservative estimate, supposing that there are 2500 to 3000 “effective” (i.e. reliable) telesoundings per day over the earth’s surface, i.e. 1 million per year, the unit cost is obtained by adding the cost of the proportion of the run down of the satellite to the operational cost; according to the foregoing estimates the first of these is of the order of a few dollars and therefore quite acceptable.

There remains the operational cost, i.e. the cost of extracting the information – numerical in this case – from the complex channels, starting with the acquisition of the data to the point where it is processed by computer.

Such an approximate calculation would give an estimate of the same order as the last one. Thus, all things considered, the cost is still only a small fraction of the cost of a conventional radiosounding.

Of course, this kind of reasoning may seem somewhat specious, since the comparison should primarily be made between the informational content of the two systems (we may mention in passing that one system in no way excludes the other, for, on the one hand, the satellite needs an earth-based reference which the conventional radiosonde provides, while on the other hand the satellite can never lay claim to the fine vertical resolution of the radiosounding, which is useful for various applications, quite apart from synoptic forecasting).

What, then, as regards cost, are the advantages of the space system? By definition, the advantages are to be found in meeting specific needs. Meteorologists, or rather the meteorologist’s customers, have two main needs: on the one hand, a need for immediate information, or with only a short delay (referred to as a “now-cast”), which in particular concerns warnings and enables decisions to be taken *as dictated by the event*; on the other hand, a need for information relating to some future time, enabling decisions to be taken to *control the event*, i.e. optimum management, or possibly planning decisions.

In the first case the satellite is invaluable due to the speed with which it acts and to its ability to cover large areas, i. e. provide continuous monitoring in space and in time.

In the second case the satellite is invaluable due to its ability to produce absolutely homogeneous and internally consistent observations throughout the world, and with the space-time density needed for analysis and forecasting.

Thus, there is room for two kinds of action with satellites, these obviously being complementary to each other from the point of view of sensor sub-systems and of the geometry of the orbits. However it might perhaps be possible to differentiate between them and arrange them separately.

In order to have a better understanding of this it is necessary to enter into some of the technical and scientific details, and to consider the purposes of the satellite itself, as so far conceived, and as they may be conceived in the future, as the technology improves.

#### *Traditional purposes*

The satellite at present serves 3 types of purpose: imagery of the cloud cover, temperature profile from the surface, data collection from fixed platforms.

1. Imagery meets the needs – even if only partially – of a “now-cast”, since it integrates the data describing the morphological identity of cloud meteors, and at the same time their instantaneous development and movement (when the observation is made by a geostationary satellite). Also – and this is not often mentioned – data derived from imagery may be used as a preliminary basis for a “space climatology”, which would include an atlas of clouds and cloud formations, by geographical regions, by zones of latitude, by continental or oceanic areas, etc. Such a climatology would be useful, first of all for users of conventional climatology which will in future include studies on solar energy and weather modification. But, also, such a climatology will soon become essential as a support for forecasting, and more precisely: for the statistical adaptation of numerical forecasts, in terms of cloud amount and, no doubt, in terms of precipitation.

Is the resolution of the imagery adequate for the needs? The resolution of 1 km at present obtained by infra-red by low-orbiting operational satellites is sufficient for synoptic needs. But, on the one hand, if we are trying to obtain “wind” data, it would ideally be necessary to “go down” to the dimensions of small cumulus clouds, which are regarded as the best trackers; on the other hand, as will be mentioned later on, there is an ever-increasing interest in the meso-scale and the micro-scale, which also pre-supposes an increased resolution. It therefore seems to us that the tendency will be towards resolutions of the order of a 1/2-km, at least for certain satellites.

2. The purpose of “obtaining a vertical temperature profile of the atmosphere”, which we have called a „telesounding”, is now controversial. It is possible that too much may have been expected too soon from this technique; but it is fundamentally viable from the

point of view of physical principles: it is the use to which it is put, that is debatable. The use to which it is put at present is relatively unsatisfactory: but there is good reason to hope that there will be substantial improvements. Firstly the mechanism of inversion of radiances is sensitive to the qualities of the multi-spectral radiometer itself. This could be improved in various ways: spectral resolution, accuracy of the optical system, etc. The quality of the results will be felt in every way.

On the other hand, although the number of spectral intervals which can be used in the 15 micron band of carbon dioxide is rapidly limited, due to redundancy, we may still, on the one hand carry out refinements on the part which is at the top of the absorption curve (in order to obtain more detailed information on temperatures in the stratosphere) and, on the other hand, carbon dioxide is not the only constituent of the atmosphere having a constant concentration: there is also oxygen for which the absorption in the millimetric wavelengths is high and well-known. Thus new and very important channels for information using micro-waves are making their appearance. By exploring the "transparent" part of the same micro-wave spectral band it will be possible to measure the sea surface temperature, which could be used as a reference.

Consequently we shall shortly (1978) have to see an absolute re-moulding of models for inversions. These models are based on the existence of information to "pilot" the convergence of the iterative process. The need for a first guess will of course remain, whether this first guess be climatological or a forecast, but the process will be more narrowly channelled, and so the final accuracy will be improved.

Naturally, there will still be the problem of measurements by clouds being "polluted"; but we endeavour to reduce the effect in two complementary ways: either by restoring the "clear column" above the cloud tops, identified from the temperature by another radiometric telemeasurement with a higher resolution, either by looking for "holes" in the cloud cover by the method of best fit for the two measurements in question. This shows the importance of measurements of "reference" radiances in the various windows, particularly: infra-red, of the atmosphere.

In actual fact, all these technical improvements can hardly mask the basic problem: the two types of measurement, by a conventional radiosonde network and by satellite, are not effective to the same degree. They do not have the same degree of homogeneity (and the satellite is of course superior in this respect). The information content is not the same (and although the information for a given location provided by a radiosonde is naturally more complete in the vertical, the satellite has the advantage when it comes to the horizontal area for which it incorporates information).

A "point by point" comparison, as is often given in the literature on the subject, is therefore not really very meaningful. We have two systems, each possessing internal consistency, and worth using in the models, depending on this consistency: there is therefore nothing to stop us from thinking that the satellite telesounding could, in future, be considered in its own right, and used as such, perhaps at the expense of adapting dynamic models (in the last resort, and in a sense, radiances would be used directly, instead of the values converted to temperatures, which introduces errors).

At all events, this is one of the major problems for the meteorology of the future.

3. So far as data collection is concerned, the present arrangements are of a modest nature, but the door is wide open for future developments. This is due to the inevitable trend towards automation of the means for making observations and, at the same time, to the need for an increased spatial and temporal density, either for local applications (e.g. aerodromes, port areas, etc.), or for synoptic applications — and this applies to buoys in the oceans. In this respect, the programme for buoys in the GARP/FGGE gives a preview of the systems of the future. In this programme the buoy is regarded as playing a dual role: as a ground reference for the telesounding by satellite, and as supplementing the density of the conventional synoptic network.

Its function is that of a sonde which provides meteorological information over a certain space and for a certain interval of time and, in some respects it is legitimate to compare the quantity of information it provides and its cost per unit information with those of an ordinary radiosonde: it is for this reason, in fact, that we have suggested the generic term of "marisonde".

In a general way, more and more use will be made of small mobile meteorological stations (these will be on ships, aircraft, balloons or even on motor vehicles). An additional problem is then that of locating the station. The satellite is capable of carrying out this operation by measuring a distance or angle (*Doppler*) as will be the case for the ARGOS system.

But other possibilities are opening up by relaying radionavigation signals, as in OMEGA. These have the advantage that they can be used continuously. This continuity

is itself consistent with the method of operation of geostationary satellites. The problem then arises of the earth-satellite radio link which of course requires much higher powers in the case of the geostationary satellite.

But besides these technological problems, which of course affect the cost of automatic station "collected" by satellite, the tendency is towards a considerable extension of facilities for data collection.

#### *New tasks*

Three important non-conventional tasks are making their appearance for the satellite, resulting from new requirements of meteorologists, namely: the study of the climate; the problems of the environment – particularly pollution – in conjunction with all the meso-scale and micro-scale aspects of meteorology; water resources.

4. The modelling of climate is gradually becoming one of the major aims of meteorology. Recent events, such as the drought in the Sahel and also the drought in the Spring-Summer of 1976 in northern Europe where unusually prolonged blocking of the zonal circulation in eastern Europe have led us to speed up such studies. In fact, although the autovariability of the circulation of the atmosphere (considered in the long term) is the overall concern of analysts, some general geophysical factors are directly involved in the problem which can be anticipated by satellite observations.

These geophysical factors are:

- the solar "constant", the true value of which is at present only known to within an accuracy of 1.5%. A satellite for monitoring the solar constant, with a black body sensor, calibrated against stellar radiation for example, appears to be essential in the medium-term.

- the snow and ice cover, which partly determine the general terrestrial albedo and which represents the general reserve of negative calories of the atmospheric circulation. This cover is completely determined by the satellite in the process of remote detection in the visible, infra-red and microwave bands.

- sea surface conditions which can be measured by remote sounding by the satellite, and firstly the sea surface temperature in the infra-red waveband and the state of sea in micro-waves.

But of course the measurement of heat fluxes at the ocean – atmosphere interface requires measurements of the thermocline and so it is necessary to have as many buoys as possible with sub-surface sensors at various depths.

5. The measurements associated with the problems of the environment are either measurements of the composition of the atmosphere or small-scale upper-air measurements. With regard to the latter, it has already been mentioned that there is a need for a further increase in the geographical resolution. Measurement of the composition of the atmosphere, on the other hand, is something new. In addition to the water we shall be talking about, there are of course already measurements of ozone by backscatter of ultra-violet-radiation and now by direct infra-red radiation. We can say straight away that the sulphur dioxide content and various other pollutants could be measured with acceptable accuracy by the satellite, at a "glancing" angle, i.e. viewing the edge of the atmosphere where optical paths are greatly lengthened. This lengthening of course is detrimental to accuracy at a given point: in another form, this is again the problem of the inversion of radiances already mentioned in connexion with temperature profiles.

6. Water resources are becoming a subject of world-wide interest due to the increasing unbalance between the amount of water consumed and the amount available. In fact, the evaporation – precipitation cycle which has two symmetrical branches – one over the ocean and one over the continents – does not appear, as far as can be seen, to be basically disturbed, but it should be managed with increased prudence for the benefit of the world economy.

In connection with such management it is first necessary to know where these resources are located, either in the form of water vapour or in the form of condensed water. The satellite will be able to evaluate this water content, in the two phases in which it exists in the atmosphere:

*The "water vapour"* sounding will soon be coupled with temperature sounding, for as soon as the radiation emitted by each slice of the atmosphere depends on both the temperature and the concentration of the absorbant, it is necessary to eliminate the temperature factor by a preliminary indirect measurement. Already such measurements are being made in the absorption bands of water in the infra-red 7 microns and 20 microns bands.

*The "condensed water"* sounding becomes theoretically possible using micro-waves, since these latter pass through the clouds and provide information on their content. In par-

ticular, measurements of polarization should lead to detecting areas of rainfall, at least over sea areas where the surface background conditions are reasonably homogeneous.

Here, then, we have a set of 6 tasks for satellites, to which may be added tasks of less importance, such as detecting thunderstorms, from their luminous or radio emission.

How can these tasks best be accomplished?

Two types of condition are necessary: the first refers to technology and the second to organization.

a) From the point of view of technology, it seems to us that the main developments should be of three kinds:

*Progress in the technique of micro-wave sensors.* Micro-waves have been mentioned in most of the tasks, either as providing supplementary information (vertical temperature sounding) or as providing new information (sea surface or clouds, for example).

*Progress in processing on the satellite.* The imagery of geostationary satellites makes it necessary to transmit megabits per second, — an absolute avalanche of information. But even for less cumbersome telemessurements, the need is felt to condense the information, retaining only what is significant, e.g. variations between the measurements, or extreme values. This is in fact already common practice in meteorology, in which the daily maximum and minimum temperatures are read. The new techniques for micro-processors hold out much promise for major advances in this direction.

*Progress in processing on the ground.* It is possible that we may not extract all the substance of the satellite information. In actual fact we often lack a completely satisfactory physical basis for some particular measurement. It is therefore necessary to make further progress in studying the physical aspects and to check the results, by "ground truth" methods, the development of which will become more and more marked during the years to come. This is true, for example, for the extraction of winds from the imagery of geostationary satellites: which clouds are they tracking? i.e. what is the relationship between the development and movement of the cloud, on the one hand, and the wind, on the other? The "transfer function" will in general be complex and will necessitate the use of models, again containing "a priori" information.

b) From the point of view of organization, it will no longer be possible to consider satellites separately, each for its task and each for its users: they are truly becoming components of a *system*, i.e. of a set which is as inter-related and integrated as possible, and managed with a view to maximum effectiveness, i.e. an optimum cost/benefit ratio.

In the final analysis, 3 assumptions are made:

*Internal consistency of the system.* This consistency starts with the identity — or at least the compatibility — of the operational procedures and goes on to the level of the sensors and particularly of the network of satellite — ground telemessurement. A very important step forward was made in this direction with the CGMS, Co-ordinating Committee for Geostationary Satellites which includes the USA, the European Space Agency, the USSR and Japan, — all countries or groups launching geostationary satellites.

The CGMS has been able, in a very good atmosphere of international understanding, to harmonize the frequencies and formats for telemessurements, the interrogation of platforms (DCP) etc. The procedure could undoubtedly be extended, in the future, to low-orbiting satellites.

*Fluid circulation of information.* According to the ethics of meteorological circles, the information obtained by a country or group of countries should be of benefit to the community.

In practice, this pre-supposes that the information can be passed on the most rapid channels. Hence the importance of relays between satellites.

The first type of relay is via a ground station. In this way inter-communication can be established between a low-orbiting satellite and a geostationary satellite, or between two adjacent geostationary satellites, as will be the case, for example, between SMS/GOES and METEOSAT via Lannion.

A more sophisticated type of relay concerns relaying from a low-orbiting satellite to a geostationary satellite. A study of the system shows that this type is viable, in the present state of the art, for transmissions with a low signalling rate (radiance APT imagery). A given geostationary satellite could thus collect in real-time the data obtained by a low-orbiting satellite for more than half the surface of the earth.

By increasing the number of channels (although not excessively) the geostationary satellite could, more generally, provide the means for the exchange of collective messages consisting of observational data (or even of analyses), and including the data from platforms. The satellite would provide the means for an even dissemination to all the national centres.

*Operational co-ordination.* A system is never completely limited by its initial specifica-

tions. Something may happen — for example: breakdowns; it may be necessary to meet unexpected needs, as for example when some geophysical catastrophe occurs. In particular it may be developed as we gain a better appreciation of what is required and of the effective use made of existing facilities.

In order to deal effectively with such problems it is absolutely necessary to set up a certain level of co-ordination and concerted effort. Such co-ordination will apply in the first instance to the spacecrafts themselves: For example there will be the question of replacing a geostationary satellite which has developed a major fault; or developing a plan for the dissemination of data. But another form of co-ordination might also arise as regards ground processing systems.

The work load — and consequently the cost — associated with this processing — or more precisely: the sum total of the necessary processing — will read very high levels, which some countries may not be able to bear if they had to face up to it alone. It is therefore becoming essential to arrange, either for the concentration of all the tasks in a single Centre for space meteorology under a group of countries or, on the other hand, for the various tasks to be distributed between various associated countries, each having a special function for the benefit of the community.

The two concepts of “centralized” and “decentralized” are equally valid and the choice between the two will certainly give rise to technical problems and general policy with far reaching implications.

But the very recognition of the existence of such problems, and the urgency which is attached to finding solutions, are proof of the vitality of space meteorology and the vigour with which it is being developed. The sole purpose of this lecture has been, in a short space of time, to demonstrate this convincingly.

## ŰRENDSZEREK A METEOROLÓGIA FEJLŐDÉSÉBEN

(Rövidített szöveg)

A meteorológiai szakközvélemény eleinte vonakodással fogadta az űrtechnika által szolgáltatott információkat. Ez főleg azzal magyarázható, hogy a kapott adatok nem illettek bele a meteorológia fejlődésének általános irányvonalába, amelynek célkitűzése a folyamatok mennyiségi tárgyalása. Ellenszenvet váltott ki a józan meteorológusok körében az a szenzációt keltő hírverés, amely a műholdat — szerepét messze túlbecsülve — úgy állította be, hogy az minden megfigyelésre, sőt előrejelzés készítésére is képes. A bizalmatlansághoz járult a műholdak felbocsátásának költséges volta, a vele járó kockázat és működésének nem túl hosszú élettartama.

A műholdmeteorológia mintegy 15 évi fejlődése után azonban fordulópont következett be. A költség/haszon arány olyan mértékben megnövekedett, hogy a műholdak meteorológiai alkalmazása ma már feltétlenül ésszerűnek minősül. Ez részben a fellövés kockázatának csökkenéséből, részben a műholdon kiépített elektronikus rendszerek nagyobb megbízhatóságából és az ezzel összefüggésben a hasznos élettartam megnövekedéséből (kb. 6 hónapról 5-10 évre) ered. A műholdráfordítás költségei így már kellő mértékben megtérülnek. Egy 30-50 millió dollárba kerülő geostacionárius hold évi befektetése 10 évi működés esetén (pl. ATS-1, ATS-3) már elfogadható, csak 3-5 millió dollárt tesz ki.

Hasonló becslést téve a kvázipoláris holdakra, amelyek a légkör függélyes hőmérsékleti szondázását végzik, egy-egy mérés ráfordítási költsége mindössze néhány dollárt tesz ki. Ha ezt kiegészítjük a számítógépes feldolgozás költségeivel, a hagyományos rádiószondázás kiadásának még mindig csak töredékét kapjuk.

Ezzel kapcsolatban hangsúlyoznunk kell, hogy a műhold nem zárja ki a hagyományos rádiószonda mérések szükségességét, amelyeknek pontosságával természetesen nem vetélkedhet. A műholdas adatszolgáltatás fő előnye a gyorsaságban, a tér- és időbeli folyamatosságban, a megfigyelések homogenitásában és az észlelések egész Földre való kiterjeszhetőségében van.

A műholdak jelenleg három fő funkciót töltenek be: 1. felhőképeket továbbítanak, 2. függélyes hőmérsékleti profilt mérnek („távszondázás”), 3. adatokat gyűjtenek földi és légköri önműködő megfigyelő állomásokról.

1. A felhőképek elsősorban a pillanatnyi felhőviszonyok gyors áttekintésére, esetleg a felhők vonulásának nyomkövetésére (geostacionárius holdak) szolgálnak. Meg kell említenünk a felhőképek klimatológiai felhasználásának lehetőségét is, amely hamarosan szükségessé válik a numerikus előrejelzésben is. A felhőképek felbontó képessége (km-es nagyságrend) szinoptikai szempontból kielégítő. Széladatok leszármaztatásához azonban már a Cumulus felhők dimenziójára kell lemennünk, ami mintegy 0,5 km-es felbontást jelent.

2. A távszondázással kapcsolatban még sok nehézség merül fel, de az eredmények javulására feltétlenül számíthatunk. A széndioxid mellett az oxigén elnyelési sávjának (mm-es hullámhossza-

kon) felhasználása is hozzásegíthet ehhez. Várható a matematikai megközelítés, az ún. inverziós módszerek átdolgozása is. A rádiószondával szemben, amely a vertikálisban ad teljes információt a műhold előnye többek között a nagyobb területi reprezentativitásában van. A kétféle módon kapott adatok között a pontszerű összehasonlítást már emiatt sem szabad jelentőségteljesnek tekinteni. A műholdas távsondázási adatok alkalmazása újfajta szemléleti módot igényel, s ennek érdekében felvetődhet a dinamikus modellek átalakításának a szükségessége is.

3. A műholdas adatgyűjtés terén eredményeink ma még szerénynek nevezhetők, de a perspektívák annál nagyobbak. Az előrelépés összefügg az észlelési módok automatizálásának elkerülhetetlen fejlődésével. Az első világméretű GARP-kísérlet programja jó ízelítőt ad a műholdas adatgyűjtés nagy jelentőségéről. E megoldásnál a műholdra hárul a mérőpont lokalizációja is, amelyre lehetőséget nyújt a *Doppler* effektus. A fő törekvés az adatgyűjtő rendszer bővítése.

A meteorológiai kutatás aktuális irányai új igényekkel lépnek fel a műholdakkal szemben. Ezek között kell említenünk: 1. az éghajlat modellezését, 2. a környezet védelmét, 3. a vízienergia hasznosítását.

1. Az éghajlatváltozás tanulmányozása több geofizikai tényező műholdas észlelését kívánja meg; nevezetesen:

- a) a napállandó ingadozásainak folyamatos mérését,
- b) a hó- és jégtakaró feltérképezését a Föld-légkör rendszer albedóviszonyainak pontosítása végett,
- c) az óceánok felszíni sajátosságainak (tengerfelszín hőmérséklete, tengerállapot) megfigyelését,
- d) az óceán – légkör közötti kölcsönhatás vizsgálatát (bóják felhasználásával).

2. A környezetvédelem felveti a levegő összetételének mérését. Ennek műholdról történő elvégzése teljesen új feladat. Minden remény megvan azonban arra, hogy idővel a kén-dioxid-tartalom és más szennyező anyagok eloszlása elfogadható pontossággal mérhető lesz a műholdról, legalábbis a légkör peremének látóvonalában.

3. Egyre jobban előtérbe kerül a fogyasztott és a rendelkezésre álló vízmennyiség körültekintő felbecslése. E felé fontos lépést jelent annak kimutatása, hogy a vízgőz és a víz hol és milyen mértékben áll rendelkezésre. A műholdak ebben is segítségünkre vannak. A vízgőz szondázása a hőmérsékleti szondázáshoz hasonlóan megoldható a vízgőz infravörös elnyelési sávjaiban folytatott sugárzásméréssel. A felhők „kondenzálódott” víztartalmának megfigyelése keresztülvihető mikrohullámú szondázással. A csapadékos területek felmérésében a polarizációs méréseknek van jelentősége, különösen az óceánok fölött, ahol a háttér meglehetősen homogén.

Mindehhez hozzávehetjük még a zivatark műholdas felderítését is, amelyre vonatkozóan szintén vannak elképzelések.

A feladatok megvalósításának két feltétele van: a) technológiai és b) szervezési.

a) A technológiai fejlesztésnek három fő irányát különböztetjük meg:

1. mikrohullámú szenzorok tökéletesítése és e megfigyelések kiterjesztése,
2. a műholdas adattovábbítás racionalizálása, csupán a jelentős információk megtartásával,
3. a földi adatfeldolgozási technika fejlesztése.

b) A szervezési kérdésnek szintén három oldala van:

1. Az alkalmazott rendszerek közötti összhang. Jó példa erre a meteorológiai geostacionárius holdak terén kialakult nemzetközi együttműködés (használt frekvenciák, távmérési formák, platformok egységesítése vonalán).
2. A szerzett műhold-információk közzététele. A műholdakról nyert adatokat a világ valamennyi meteorológiai szolgálata számára hozzáférhetővé kell tenni, mégpedig lehetőleg minél gyorsabban. Ebben szerepethetnek a földi reléállomások, távlatilag azonban korszerű megoldásnak az alacsony pályájú és a geostacionárius műhold közötti kialakított hírközlő rendszer minősül.
3. Koordináció a műholdmegfigyelő és adatfeldolgozó rendszer terén. Ebből a célból szükség lehet űrmeteorológiai központok létrehozására, de megoldást hozhat a feladatok ésszerű megosztása több ország között. Jelenleg mind a centralizáció, mind a decentralizáció még vita tárgya.

A fentiek ismeretében talán világosabban tárul elénk a műholdmeteorológia életképessége és mind teljesebb kibontakozása.

Összeállította: *Tánczer Tibor*

# IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 81. évf. 4. szám. 1977. júl. — aug.  
*Journal of the Meteorological Service. Vol. 81 No 4 July—August 1977 Budapest*

## A cirkulációs gyorsulás szerepe a frontális felhőzet megjelenésében

TÁNCZER TIBOR, *Központi Légekörfizikai Intézet, Budapest*

*The Role of the Acceleration of Circulation in the Forming of Frontal Clouds.* The structure and extension of the cloud system of fronts strongly vary in space and time, as it can be seen on satellite pictures. Based on empirical studies carried out earlier, decisive importance was attached to the acceleration of circulation in the forming of frontal clouds. In the present study the acceleration of circulation was determined using the equation of vorticity and continuity. It has been found that the acceleration of circulation depends mainly on the frontward variations of the wind component perpendicular to the front and on the temperature gradient also perpendicular to the front. In order to prove the correctness of the proposed theoretical relation, the formation of the cloud conditions of a cold front is shown for the period from 15 to 18 June 1976 on the basis of the NOAA-4 satellite pictures. It can be stated that the positive acceleration of circulation is accompanied by a marked, fairly developed cloud zone while a negative acceleration: by a disintegrated, indistinct one.

✕

*Роль ускорения циркуляции в появлении фронтальных облаков.* По спутниковым изображениям отмечается сильная временная и пространственная изменчивость облачной системы фронтов как по структуре, так и по протяжению. По ранее проведенным эмпирическим исследованиям ускорению циркуляции была приписана решающая роль в образовании фронтальных облаков. В настоящей работе ускорение циркуляции было определено с использованием уравнений вихря и неразрывности. Автор пришел к выводу о том, что ускорение циркуляции зависит в первую очередь от изменения вдоль фронта составляющей ветра, перпендикулярной фронту, а также от температурного градиента также перпендикулярного фронту. Для подтверждения правильности предлагаемой теоретической зависимости в работе иллюстрируются условия образования облаков холодного фронта по изображениям, полученным со спутника «НОАА-4» в период с 15 по 18 июня 1976 г. Обнаружено, что положительное ускорение циркуляции сопровождается явной, хорошо развитой облачной зоной, а отрицательное ускорение циркуляции — распадающей, размытой облачной зоной.

✕

A mérsékelt szélességeken az időjárás változása elsősorban légtömegcserével, frontok átvonulásával függ össze. Emiatt a frontok vizsgálata a szinoptikus meteorológiában fokozott jelentőségű. A műholdak révén új lehetőségek nyíltak meg a frontok kutatásában. A műholdakról nyert felvételek a frontok felhőviszonyait területi folytonosságban mutatják be. Ezekből többek között következtethetünk a frontot kísérő vertikális feláramlás mezejére, annak erősségére. Az infravörös képek ezenfelül a felhőzet felső határának magasságáról, tehát végső soron a front vertikális fejlettségéről is tájékoztatnak.

Ha szemügyre vesszük az európai térségben előforduló frontok felhőrendszereit, nagy változatosságot tapasztalhatunk, mind a felhőzet kiterjedtségét (hosszát és szélességét), mind azok szerkezeti felépítését illetően. Erre a fron-

tális felhővek vizsgálatával kapcsolatban *A. Gottwald* (1975) is rámutatott. A változások egyik napról a másikra, még egyazon front mentén is szembe-tűnők.

A frontális felhőzet szerkezete és az azzal összefüggő függőleges áramlási mező nyilván szoros összefüggésben van azoknak az időjárási paramétereknek a frontálzónában való alakulásával, amelyek meghatározzák a front mozgását, aktivitását, fejlődését. A megfelelő összefüggések felderítése lehetővé teszi, hogy pusztán a frontális felhőzetnek a műholdfelvételeken történő megjelenéséből következtetéseket vonjunk le a front különböző sajátosságaira, illetve azok további alakulására.

1968 folyamán az európai kontinens fölött végzett empirikus vizsgálataink szerint [*Tänczer*, (1974)] a hidegfront felhőrendszere az eseteknek mintegy 80%-ában mutat öves szerkezetet. Ezen belül kb. 50–50%-ban különül el a sűrű, összefüggő, fejlett és a szakadozott, széteső, zilált felhőtakaró. Hasonló a megoszlási arány a keskeny (100–300 km) és a széles (300–500 km) frontfelhőzet között. Amikor a frontális felhőöv hiányzik, a frontnak összefüggő felhőtömb vagy széteső, jellegtelen felhőzet felel meg. Említett vizsgálatunkban a fő figyelmet a frontfelhőzet kifejezettségében szerepet játszó tényezők felkutatására fordítottunk. Ennek során derült fény a 850 mb-os hőmérsékleti kontraszt és az 500 mb-os áramlás nagyságának meghatározó jellegére. Ez a tény indított bennünket arra, hogy a probléma tárgyalásánál a frontális cirkulációt, illetve annak időbeli változását, magát a cirkulációs gyorsulást tanulmányozzuk, *vagyis a front felhőrendszerének megjelenése és a cirkulációs gyorsulás közötti kapcsolatot keressük*.

A frontális cirkuláció vizsgálatával a hazai irodalomban a közelmúltban *Bodolai I.* (1971) foglalkozott. A szerző a mozgásegyenlet felhasználásával a fronttal párhuzamos tengely körüli örvényesség individuális változását állította elő. Vizsgálatunkban hasonló kiindulási alapot választottunk: a derékszögű koordinátarendszert úgy vettük fel, hogy az  $x$  tengely a frontra merőlegesen (a meleg levegő irányába), az  $y$  tengely a front mentén (az alacsony nyomás felé), míg a  $z$ -tengely felfelé irányuljon.

Az  $x$  irányban felírt mozgásegyenletet  $z$ , a  $z$  irányban felírtat  $x$  szerint differenciálva és az utóbbit kivonva az elsőből, kapjuk

$$\frac{d\eta}{dt} = - \left( \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) \eta + \frac{\partial v}{\partial x} \frac{\partial w}{\partial y} - \frac{\partial u}{\partial v} \frac{\partial v}{\partial z} + f \frac{\partial v}{\partial z} - \frac{1}{\rho^2} \left( \frac{\partial \rho}{\partial x} \frac{\partial p}{\partial z} - \frac{\partial \rho}{\partial z} \frac{\partial p}{\partial x} \right) + \frac{fu}{R} - 2\Omega \cos\varphi \frac{\partial u}{\partial x},$$

ahol  $\eta = \frac{\partial u}{\partial z} - \frac{\partial w}{\partial x}$  az  $y$  tengelyre vonatkozó örvényességi komponens,

$u, v, w$  a koordinátatengelyek irányába mutató sebességi összetevők,  $\rho$  a sűrűség,  $f$  a Coriolis-paraméter,  $p$  a légnyomás,  $R$  a Föld sugara,  $\Omega$  annak szögsebessége, míg  $\varphi$  a földrajzi szélesség.

*Bodolai I.* idézett cikkében kimutatta, hogy (1) jobb oldalán a negyedik és ötödik tag algebrai összege zérus.

Inkompresszibilitás feltételezésével, melynek értelmében  $-\left( \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) = \frac{\partial v}{\partial y}$ , az (1) egyenlet tagjait a következőképpen csoportosíthatjuk:

$$\frac{d\eta}{dt} = \frac{\partial v}{\partial y} \frac{\partial u}{\partial z} - \frac{\partial u}{\partial y} \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial v}{\partial x} \frac{\partial w}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial y} \frac{\partial w}{\partial x} - 2\Omega \cos\varphi \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{fu}{R}. \quad (2)$$

A fenti egyenleten nagyságrendi analízist végezve megállapíthatjuk, hogy a jobb oldal első két tagja  $10^{-7}$  nagyságrendű, ezzel szemben a többiek mintegy két nagyságrenddel kisebbek. Ennélfogva jó közelítéssel írhatjuk, hogy

$$\frac{d\eta}{dt} = \frac{\partial v}{\partial y} \frac{\partial u}{\partial z} - \frac{\partial u}{\partial y} \frac{\partial v}{\partial z} = - \left[ \nabla u, \nabla v \right]_{yz}, \quad (3)$$

ahol  $[ \quad ]_{yz}$  az  $yz$  síkban vektori szorzást jelöl.

Megjegyezzük, hogy  $\eta = \frac{dC}{dQ}$ , amelyben  $C$  a frontra merőleges  $Q$  felületre

vonatkozó cirkuláció. Ennek alapján  $C = \int_Q \eta dQ$  és a cirkulációs gyorsulás  $\dot{C} = \int_Q \dot{\eta} dQ$ , ahol a pontozott mennyiségek idő szerinti differenciálást jelentenek.

(3) további egyszerűsítésére több lehetőség áll fenn. Az egyik, hogy a szél függőleges menti változását a termikus szél kifejezése szerint írjuk fel. Ekkor

$$\frac{d\eta}{dt} = \frac{1}{T} \frac{\partial T}{\partial z} \left( \frac{\partial v}{\partial y} u_g - \frac{\partial u}{\partial y} v_g \right) - \frac{\partial u}{\partial y} \frac{g}{fT} \frac{\partial T}{\partial x}. \quad (4)$$

Ha azonban a felírt összefüggést nagyságrendi analízisnek vetjük alá, megállapíthatjuk, hogy a második tag legalább egy nagyságrenddel felülmúlja az első. Emiatt figyelmünket a második tagra összpontosítottuk. Eszerint a cirkulációs gyorsulás egyenesen arányos a frontra merőleges hőmérsékleti gradiensevel  $(\partial T/\partial x)$  és a frontra merőleges szélkomponensnek front menti változásával  $(\partial u/\partial y)$ . Már ebből is következik, hogy az éles hidegfrontok fejlett felhőrendszerrel függnek össze. Ami a frontra merőleges szélkomponenset illeti, a cirkulációs gyorsulás akkor pozitív, ha az a front mentén a ciklon centruma felé haladva csökken, és negatív, ha az a ciklon pereme felé csökken. Az első tag, bár jelentőségénél fogva kisebb, a függőleges hőmérsékleti gradiens és az áramlási mező szerepére mutat rá.

Az áramlási mező hatásának pontosabb megközelítése végett a (3) egyenletet írjuk át természetes koordinátarendszerbe. Ekkor a derékszögű szélkomponensek

$$u = V \cos \alpha, \quad v = V \sin \alpha$$

alakban írhatók fel, ahol  $V$  a szélsébség nagysága. Az  $\alpha$ -szög és a meteorológiában használt szélirányjelölés ( $\beta = dd$ ) között az alábbi összefüggés áll fenn:

$$\alpha = \frac{3\pi}{2} - \beta (+ 2\pi). \quad (5)$$

Behelyettesítve az  $u, v$  komponensekre vonatkozó összefüggéseket a (3) egyenletbe:

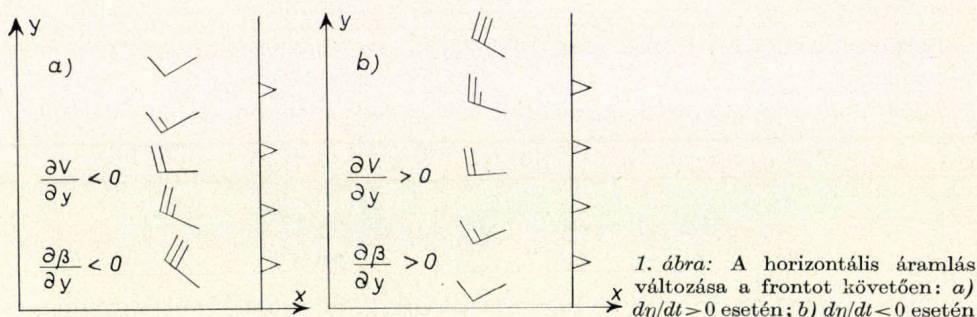
$$\frac{d\eta}{dt} = \frac{\partial}{\partial y} (V \sin \alpha) \frac{\partial}{\partial z} (V \cos \alpha) - \frac{\partial}{\partial y} (V \cos \alpha) \frac{\partial}{\partial z} (V \sin \alpha). \quad (6)$$

A kijelölt műveletek elvégzése és összevonás után az alábbi kifejezésre jutunk:

$$\frac{d\eta}{dt} = V \left( \frac{\partial V}{\partial y} \frac{\partial \beta}{\partial z} - \frac{\partial V}{\partial z} \frac{\partial \beta}{\partial y} \right). \quad (7)$$

(7) szerint a cirkulációs gyorsulás egyenesen arányos a szélsébség abszolút

értékével ( $V$ ), vagyis minél erősebb az áramlás,  $\frac{d\eta}{dt}$  annál nagyobb. A zárójelben álló kifejezést a következőképpen interpretálhatjuk. Most is – egyszerűség kedvéért – csupán hidegfrontra szorítkozunk, ami maga után vonja, hogy  $\frac{\partial\beta}{\partial z} < 0$ , továbbá, amint az általában teljesül, a szél növekedjék a magassággal  $\left(\frac{\partial V}{\partial z} > 0\right)$ .



Ebben az esetben a pozitív cirkulációs gyorsulás feltétele, hogy  $\frac{\partial V}{\partial y} < 0$  és  $\frac{\partial\beta}{\partial y} < 0$  legyen, azaz a hidegfront mentén a ciklon középpontja felé haladva a szélesebbesség nagysága csökkenjen, és iránya balra forduljon. Negatív cirkulációs gyorsulás feltétele pedig az említett kikötések mellett az, hogy a szélesebbesség nagysága a ciklon középpontjának irányában növekedjék és egyidejűleg iránya jobbra forduljon.

A fentiek szemléltetésére közöljük az 1. ábrát, amelynek bal oldalán  $\frac{d\eta}{dt} > 0$ , jobb oldalán  $\frac{d\eta}{dt} < 0$  esetén mutatjuk be a horizontális áramlás változását a frontot követően.

Normális körülmények között tehát a cirkulációs gyorsulás előjelét a horizontális szélesebbességnek a front menti változása határozza meg. (7) alkalmas arra, hogy a szokásostól eltérő frontokra is következtetéseket vonjunk le, amikoris pl.  $\partial V/\partial z < 0$ .

A (3), (4), (7) formulák a szélkomponensekre vonatkozó differenciálhányadosok kiszámításának nehézsége miatt inkább elméleti jelentőségűek, azokból elsősorban minőségi következtetések vonhatók le. Ahhoz, hogy valamiféleképpen gyakorlati számításokat is tudjunk végezni, azokat át kell alakítanunk, illetve tovább kell egyszerűsíteniük. Legmegfelelőbbnek erre a (4) összefüggés látszik, amelyben a termikus szél alkalmazásán keresztül a szél függőleges változására geostrofikus közelítést vezetünk be. Most a frontra merőleges szélösszetevő változását is közelítsük geostrofikusan, ami azt is jelenti, hogy eltekintünk a front görbületétől. Ekkor

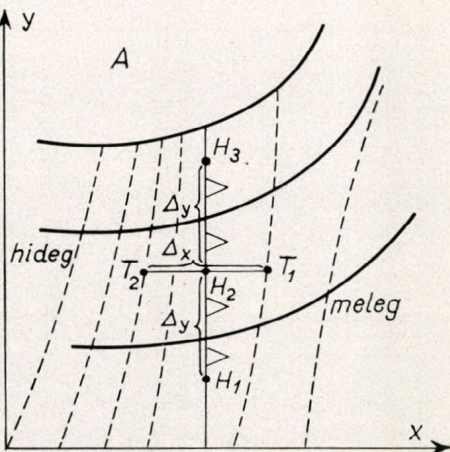
$$\frac{d\eta}{dt} = \frac{g^2}{f^2 T} \frac{\partial^2 H}{\partial y^2} \frac{\partial T}{\partial x}, \quad (8)$$

továbbá a differenciálhányadosoknak véges különbségekkel történő helyettesítésével

$$\frac{d\eta}{dt} = \frac{g^2}{f^2} \frac{1}{T} \frac{T_1 - T_2}{\Delta x} \frac{H_1 + H_3 - 2H_2}{(\Delta y)^2} \quad (9)$$

alakban írható fel, ahol  $H_1, H_2, H_3$  a front mentén egymástól  $\Delta y$  távolságban levő pontokban (2. ábra) a geopotenciál értéke.

Összefoglalva az állandókat és egyszerűsítő jelölés bevezetésével



2. ábra:  $d\eta/dt$  kiszámítására szolgáló számítási pontok felvétele a fronton. A folytonos vonalak az izohipszák, a szaggatott vonalak az izotermák.  $H_1, H_2, H_3$  geopotenciálértékek,  $T_1, T_2$  hő-mérséklet-értékek

$$\frac{d\eta}{dt} = K \Delta T (\Delta_1 H - \Delta_2 H) \quad (10)$$

alakot veszi fel. Itt  $K = \left(\frac{g}{f\Delta y}\right)^2 \frac{1}{T\Delta x}$ , amely  $\Delta x = \Delta y = 500$  km-es célszerű meg-

választása mellett a közepes szélességeken  $K \approx 2 \cdot 10^{-10}$  értéket vesz fel. A  $\Delta$ -val jelölt kifejezéseken a  $\Delta_1 H = H_1 - H_2$ ,  $\Delta_2 H = H_2 - H_3$ ,  $\Delta T = T_1 - T_2$  különbségeket értjük. Minthogy a görbületet nem vesszük figyelembe, a számításnál

a frontnak viszonylag egyenes szakaszán belül kell maradnunk.  $\frac{d\eta}{dt}$  előjelét

hidegfrontok esetén  $\delta\Delta H = \Delta_1 H - \Delta_2 H$ , határozza meg. E különbség pozitív akkor, amikor a ciklonból kifelé haladva az izohipszák sűrűsödnek, és negatív, amikor az izohipszák távolodnak egymástól.

Kapott elméleti eredményeink alkalmazhatóságának ellenőrzésére 1976. június 15–18. közötti időszak alatt tanulmányoztuk egy hidegfront cirkulációs viszonyait a 700 mb-os szintű topográfia alapján. A Norvég-tenger felett levő ciklon hidegfrontja 84 óra alatt ESE irányban mintegy 2200 km-t tett meg. A hidegfront 12 óránkénti helyzetét a 3. ábrán mutatjuk be. Jól látszik, hogy a hideg levegő mind nagyobb térhódítása vonulási sebességének számottevő

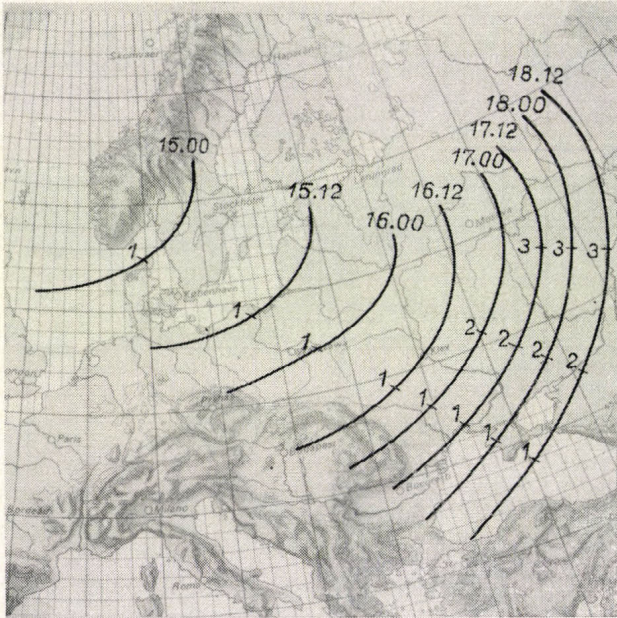
csökkenésével járt.  $\frac{d\eta}{dt}$  alakulását a (10) formula alapján vizsgáltuk a térképről

leolvasva  $\Delta T$  és  $\delta\Delta T$  értékeit, amelyeket a hidegfrontnak a 3. ábrán jelzett pontjaira az I. táblázatban tüntetjük fel.

I. TÁBLÁZAT

$d\eta/dt$  értékei ( $10^{-9}$  1/sec egységben) a hidegfrontnak a 3. ábrán jelölt pontjaiban

számítási pontok	június 15.		június 16.		június 17.		június 18.	
	00	12	00	12	00	12	00	12
1.	5,4	3,6	1,8	3,6	1,8	0,0	-3,2	1,4
2.	—	—	—	—	-1,6	-1,4	0,0	2,4
3.	—	—	—	—	—	-1,4	-2,8	-5,6



3. ábra: A hidegfront 12 óránkénti helyzete a 700mb-os topográfián 1976. június 15. 00 GMT – 1976. június 18. 12 GMT között. A számozott pontok  $d\eta/dt$  számítási helyeit jelölik

A táblázatból kitűnik, hogy  $\frac{d\eta}{dt}$  pozitív értékei idővel negatívba mentek át ( $\Delta T$  némiképpen szintén csökkent). Ez azt jelenti, hogy a frontális cirkulációs gyorsulás június 17-től negatívvá vált. Kivételt képez a front alsó szakasza június 18-án 12 GMT-kor, ahol hullámképződés indult meg, és ezzel kapcsolatban a cirkulációs gyorsulás ismét pozitív lett. A legnagyobb pozitív értéket 15-én és 16-án ( $5,4 \cdot 10^{-9}$ , illetve  $3,6 \cdot 10^{-9}$ ), a legnagyobb negatív értéket ( $-5,6 \cdot 10^{-9}$ ) 18-án délben a front középső szakaszán kaptuk.

A cirkulációs gyorsulás és a front felhőrendszere közötti kapcsolatra tett feltevésünk helyességét műholdfelvételek alapján vizsgáltuk. Erre a NOAA – 4 műholdról sugárzott és az Országos Meteorológiai Szolgálat által vett felvételeket használtuk fel. Vizsgálatunk illusztrálására a június 16-án és 18-án a front felhőrendszerét bemutató képeket közöljük (4–5. ábra).

A két képen összevetve a front felhőrendszerét, azonnal szembeötlik a felhőzet szerkezetében mutatkozó alapvető eltérés. A június 16-i felvételen a szárazföld fölött ritkán látható éles, fejlett frontális felhőöv húzódik. Ezzel szemben június 18-i felvételen különösen a front belső részén (ahol a cirkulációs

gyorsulás negatív) a felhőöv széteső jelleget mutat, kivétel a már említett hullámképződésnek a felhőzeti mezőben való tükröződése.

Befejezésül hangsúlyoznunk kell, hogy vizsgálataink erősen közelítő jellegűeknek tekintendők. Számításaink során több elhanyagolással, illetve feltételezéssel éltünk, amelyek adott esetben érezhető hatást gyakorolhatnak  $\frac{d\eta}{dt}$ -re.

Elsődleges eredménynek a vizsgálatból fakadó minőségi következtetéseket tekinthetjük. Ezek a napi időjárásanalízis elkészítésénél a szinoptikus számára is hasznos támpontot nyújthatnak. Nyilvánvaló az is, hogy a frontális felhőzet



4. ábra: A hidegfront felhőrendszere 1976. június 16-án a NOAA—4 műholdnak a látható tartományban készített SR felvétele alapján (7245. pálya, 6.52 GMT)



5. ábra: A hidegfront felhőrendszere 1976. június 18-án a NOAA—4 műholdnak a látható tartományban készített SR felvétele alapján (7270. pálya, 6.46 GMT)

a cirkulációs gyorsuláson felül egy sor más tényezőnek (függőleges áramlás, frontfelület hajlása, sűrűlódási vergencia, nedvesség, orográfia stb.) is a függvénye és a teljesség kedvéért ezek szerepét is vizsgálat tárgyává kell tennünk.

#### IRODALOM

- I. Bodolai, 1971: Vertical Circulations in Frontal Zones. *Időjárás*, 75. 3–4. 133–146.  
A. Gottwald, 1975: Frontal Cloud Bands over Central Europe. *COSPAR, Space Research XVI*. Akademie-Verlag, Berlin. (In print).

# IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 81. évf. 4. szám. 1977. júl. — aug.  
*Journal of the Meteorological Service. Vol. 81 No 4 July — August 1977 Budapest*

## Módszer a természetes időjárási ciklusok tartamának előrejelzésére

KOPPÁNY GYÖRGY, Központi Előrejelző Intézet, Budapest

*Method for Prediction of the Duration of Natural Weather Cycles.* A wide spectrum of natural weather cycles has been determined through investigations of Multanovski and other Soviet researchers. Purpose of the present work is to elaborate a method for prediction of the duration of cycles forming in Hungary. There are chosen from various spatial scales those, on which the frequencies of doublings and halvings of the mean kinetic energy, as well as the spells between them principally correspond to the frequencies and durations of cycles in Hungary (*Fig. 1*: spatial scales No. 4 and 8). The doublings or halvings of the mean kinetic energy in the areas of selected spatial scales coincide, with more or less tolerance, with beginnings of the cycles in Hungary (*Fig. 2*). The rate of change in the mean kinetic energy (mechanical power) is approximately inversely proportional to the duration of cycles (*Fig. 4*). A linear proportionality is established between duration of doublings or halving in the mean kinetic energy in one hand, and the duration of the cycles in the other (*Fig. 5*.)

\*

*Метод предсказания продолжительности естественных метеорологических циклов.* В результате исследований, проведенных Мултановским и другими советскими исследователями, в настоящее время известен ряд естественных метеорологических циклов (в дальнейшем — циклы). Целью настоящей работы было разработать метод предсказания продолжительности циклов, встречающихся на территории Венгрии. Из различных шкал автором были выбраны те, на которых частоты удвоения и полуделения кинетической энергии или временные интервалы между ними, лучше всего совпадают с частотой и продолжительностью циклов, встречающихся в Венгрии (*рис. 1*, шкалы 4 и 8). На выбранных шкалах удвоения или полуделения средней кинетической энергии с более или менее значительным допуском совпадают с пределами циклов, встречающихся в Венгрии (*рис. 2*). Скорость изменения кинетической энергии (мощность) приблизительно обратно пропорциональна продолжительности циклов (*рис. 4*). Выявлена линейная связь продолжительности удвоения или полуделения кинетической энергии ( $Y'$ ) с продолжительностью циклов ( $Y$ ) (*рис. 5*).

\*

Tapasztalat szerint az időjárás jellege adott földrajzi körzetben különböző hosszúságú, természetes ciklusokban változik. Azt a több napig tartó időszakot, amelyen belül az időjárás jellege valamely szűkebb területen lényegesen nem változik, a továbbiakban *természetes időjárási ciklusnak* (a továbbiakban ciklusnak) nevezzük. Jelen vizsgálatunkban az időjárás jellegének meghatározására a felhőzet mennyiségét, a csapadékhullást vagy ennek hiányát, továbbá a hőmérsékleti anomáliát használjuk. Ezek alapján megkülönböztethetünk hazánk időjárásában például „derült, száraz, meleg”, „változékony, hideg”, „erősen felhős, csapadékos, normális hőmérsékletű” stb. ciklusokat. Ismeretes, hogy a természetes ciklusok fogalmát az 1910-es években *Multanovszkij* vezette be, majd az 1920-as évektől kezdve a nevéhez fűződő távprognosztikai iskola egyik fontos alkotó elemévé vált. A közben eltelt mintegy 5 évtized során a szovjet kutatók és operatív szakemberek generációi

fejlesztették tovább ezt az iskolát, miközben új fogalmakkal bővítették (*Gírsz, A. A.*, 1974; *Hromov, Sz. P.*, 1968). Ugyanakkor ez az iskola mindvégig egyik fontos bázisa maradt a szovjet távprognosztikának (*Pagava, Sz. T.*, 1962, 1963; *Pedj, D. A.*, 1962; *Rudicseva, L. M.*, 1968). Úgy véljük, nem járunk messze az igazságtól, ha azt mondjuk: a *Multanovszkij-féle távprognosztikai iskola fejlesztette ki a világon az első távelőrejelzési módszert*. Mindenesetre a félév-százados gyakorlat jelentős biztosítékot szolgáltat arra, hogy a *Multanovszkij* és követői által bevezetett fogalmak, bár többnyire kvalitatív jellegűek, jól használhatók a nagytérségű időjárási folyamatok jellemzésére.

A *Multanovszkij-féle* iskola a természetes ciklusok széles skálájának bevezetésével és céltudatos használatával szakít az olyan merev időskálákkal, mint pentád, dekád, 30 napos hónap, 3 hónapos évszak stb. Ezek helyett meghatározott cirkulációs folyamatokkal jellemzett, ugyanakkor különböző tartamú természetes ciklusokat használ. Ilyenek: elemi cirkulációs mechanizmusok (2-4 nap); természetes szinoptikus periódusok (5-8 nap); cirkulációs periódusok, amelyek során meghatározott cirkulációs típus dominál (10-40 nap); ezeken kívül *Pagava* nyomán az évet 6 természetes szinoptikus évszakra osztják, amelyek tartama 50-90 nap. Mindegyik ciklus egy nagyobb időskálájú ciklusnak egy-egy fejlődési fázisa. Az iskola továbbfejlesztői között olyan kiváló kutatókat találunk, mint *G. Ja. Vangengeim, B. L. Dzerdzejevskij, Sz. T. Pagava, A. A. Gírsz, D. A. Pedj*.

A természetes szinoptikus periódusok egyik jellemvonása, hogy meghatározott földrajzi térségben a szinoptikus folyamatok aránylag egységesek, a ciklonális és anticiklonális területek demarkációs vonalakkal elválaszthatók egymástól. Nincs egyértelmű utalás rá, mégis úgy véljük, hogy első közelítésben a ciklonális és anticiklonális területek szétválasztása egyúttal a túlnyomóan felhős, csapadékos illetve derült, száraz időjárású területek szétválasztása is.

Bár a *Multanovszkij – Vangengeim-féle* iskola alapfogalmainak széles körű alkalmazására Magyarországon nem került sor, a természetes ciklusok tartamának vizsgálatával több hazai szerző is foglalkozott. *Péczeley* (1957) az általa bevezetett makroszinoptikus helyzetek tartamát vizsgálva azt találta, hogy egy-egy helyzet átlagosan 2-4 napig, maximálisan 20-25 napig marad fenn. *Rákócziné, Wágner Magdolna* (1968/a, b) a csapadékmentes ciklusok tartamát vizsgálta Magyarország számos mérőállomásának adatai alapján. Meghatározta a 2–20 napig tartó aszályciklusok elméleti és tapasztalati valószínűségét.

Nem ismeretes azonban olyan módszer, amelynek segítségével adott esetben előre lehetne jelezni az éppen aktuális természetes időjárási ciklus várható tartamát. Ugyanakkor a mindennapi életben gyakran merül fel annak szükségése, hogy válaszolni tudjunk a kérdésre: meddig tart a jelenlegi időjárás, mikor várható jelentős fordulat az időjárásban?

Korábbi vizsgálatainkban, a légköri mozgásrendszerek nagyságrendjeinek elemzésekor, azt találtuk, hogy a mozgásrendszerek térbeli, időbeli és energetikai skálái között bizonyos kapcsolat van (*Koppány Gy.*, 1975, 1977). A térbeli, időbeli és energetikai skálák közötti kapcsolatról közelebbit nem tudunk, csupán annyit, hogy egyik skála nagyságrendi növekedésével általában a másik skála nagyságrendi növekedése jár együtt. Jelölje  $X$  a térbeli,  $Y$  az időbeli skálákat,  $Z$  pedig a kinetikus energiát ( $KE$ ). Legyen ezek között valamely, egyelőre ismeretlen

$$Y = f(X) \quad (1)$$

$$Y = g(Z) \quad (2)$$

és

függvénykapcsolat.

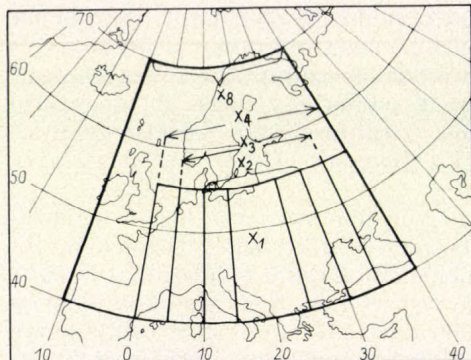
Egy  $T$  hosszúságú sorozatban legyenek  $Y_1, Y_2 \dots Y_n$  a ciklusok tartamai (időskálái). Legyen továbbá (1) olyan, hogy  $Y_1$  tartamú ciklushoz  $X_1$  nagyságú,  $Y_2$ -höz  $X_2$  nagyságú stb.,  $Y_n$ -hez  $X_n$  nagyságú légköri mozgásrendszer rendelhető hozzá. Ahhoz, hogy az összetartozó  $Y_1X_1, Y_2X_2 \dots$  párokat tapasztalati úton meghatározzuk, rendkívül nagyszámú kísérletet kellene elvégeznünk.

Képezzük ezért az ismert  $Y_j$ -k középértékét és jelöljük ezt  $\bar{Y}$ -al. A  $T$  hosszúságú sorozatban legyen  $n$  számú ciklus. Ekkor

$$\bar{Y} = T/n, \quad (3)$$

itt  $T$  a vizsgált teljes sorozat hossza napokban,  $n$  a ciklusok frekvenciája a  $T$  sorozatban,  $\bar{Y}$  a ciklusok átlagos tartama napokban.

Legyenek  $X_i, X_j \dots X_m, X_M$  alkalmasan kiválasztott térskálák, amelyek meghatározott nagyságú légköri mozgásrendszerek horizontális méreteit jelölik. Adott térskálán akkor beszélünk, definíciószerűen, új mozgásrendszer



1. ábra: A kinetikus energia területi átlagainak kiszámításához felhasznált szektorok

kialakulásáról, ha a  $KE$  megduplázódik vagy feleződik a vizsgált térskálán (Koppány Gy., 1977). Legyenek egy  $T$  hosszúságú sorozatban az egyes térskálákon a mozgásrendszerek frekvenciái, azaz a  $KE$  duplázódásának és feleződésének együttes gyakoriságai rendre  $\nu_i, \nu_j, \dots, \nu_m, \nu_M$ . Ekkor az egyes térskálákon a mozgásrendszerek átlagos élettartamai:

$$\Delta T_i = T/\nu_i, \quad \Delta T_j = T/\nu_j \quad \dots \quad \Delta T_m = T/\nu_m, \quad \Delta T_M = T/\nu_M. \quad (4)$$

$$\text{Tegyük fel, hogy } \nu_m > n > \nu_M \text{ (5/a) és így } \Delta T_m < \bar{Y} < \Delta T_M. \quad (5/b)$$

Ekkor az  $\bar{Y}$  időskálához  $X_m < X < X_M$  térskála tartomány rendelhető, amely tartalmazza az  $\bar{Y}$ -nak éppen megfelelő  $X$  térskálát is. Ezzel az  $n$ -számú vizsgálatot egyetlen vizsgálatra redukáltuk, de lemondtunk arról, hogy az (1) függvénykapcsolatot empirikus úton előállítsuk. Mint később látni fogjuk, céljaink elérése szempontjából elegendő  $X_m$  és  $X_M$  meghatározása is.

Hogy a fenti vizsgálatot elvégezhesük, Európában olyan  $X_1, X_2, X_3, X_4$  és  $X_8$  térskálákat reprezentáló területeket jelöltünk ki, amelyek közel úgy aránylanak az  $X_1$  területhez, mint 1:2:3:4:8. A területek körülhatárolására célszerű földrajzi koordinátákat használni, így a térskálák területétől függetlenül pontosan meghatározható a területek nagysága. Az 1. ábrán bemutatott területek kiterjedése rendre: 1,25; 2,5; 3,75; 5 és 10,5 millió km<sup>2</sup>.

Ezekre a skálákra napi kétszeri (00 és 12 GMT) rádiószondázás adataiból átlagos  $KE$ -t számítottunk az alábbi munkaformulával:

$$Z = 1/2 \bar{V}^2,$$

itt  $\bar{V}^2$  az 500 mb-os szinten mért szélesebbségek [m.sec<sup>-1</sup>] négyzeteinek középértéke az adott területen. A  $Z$  dimenziója joule·kg<sup>-1</sup>, azaz fajlagos energia.

Tájékoztatásul szolgáljon az alábbi néhány adat: az  $X_1$  skáláról általában 15-18, az  $X_4$ -ről 60-70, az  $X_8$ -ről 100-110 szeladatot használtunk fel a közepes  $KE$  kiszámításához.

(Megjegyzés: A budapesti rádiószondás szelmérésekből előzőleg  $KE$ -t számítottunk a talajtól a 100 mb-ig, azaz kb. 16 km magasságig. A légoszlopot 100 mb-onként 9 egyenlő tömegű rétegre osztottuk, majd az egyes rétegekre meghatároztuk az átlagos szélebbességet és ebből a  $KE$ -t. Végül a 9 egyenlő tömegű réteg  $KE$ -jét összegeztük. Azt találtuk, hogy a 16 km magas légoszlopra kapott  $KE$  elég jól reprezentálható az 500 mb-os szeladatokból számított  $KE$ -vel. Az összehasonlítást az 1976. január-május időszakból összegyűjtött mintegy 250 mérésre végeztük el. Makainé (1968) vizsgálatai szerint a  $KE$  változékonyságának vertikális eloszlásában maximum található a 350, a 700 és 875 mb körül, tehát ezek a szintek a teljes légoszlop  $KE$ -jához képest meg lehetőségen függetlenül változtatják  $KE$ -jukat. Az 500 mb körül viszont minimum található, vagyis ezen a szinten kevésbé tételezhetünk fel a teljes légoszlop  $KE$ -jától független változásokat).

A kijelölt térszálakon az 1976. január 2. és július 4. közötti  $T=185$  nap hosszúságú sorozatra félnaponkénti mérésekből meghatároztuk a  $KE$  területi átlagait, így valamennyi térszálára megkaptuk 12 órás időlépcsőkben a  $KE$  időbeli menetét. Az utóbbin kijelölhetők azok a legrövidebb  $Y'$  időtartamok, amelyekben a  $KE$  értéke legalább duplájára növekedett, vagy felére csökkent. A legrövidebb időtartamot úgy jelöltük ki, hogy megkerestük a  $KE$  változásának azt a szakaszát, amikor ez a változás a legmeredekebb volt. Ezt a szakaszt két adattal jellemeztük: 1. a  $KE$  változása a duplázódás ill. feleződés tartama alatt (jelölése  $\Delta Z$ ); 2. a duplázódás vagy feleződés időtartama (jelölése  $Y'$ ). Az utóbbi meghatározásakor az elérhető pontosság 12 óra.

Két szomszédos duplázódás vagy feleződés közötti időtartam az adott mozgásrendszer életeciklusának tartama:  $\Delta T$ . A  $T$  sorozatban előfordult duplázódások és feleződések együttes száma az adott skálán kialakuló mozgásrendszerek frekvenciája:  $\nu$ .

A vizsgált térszálakon a  $T=185$  nap hosszúságú sorozatban a mozgásrendszerek frekvenciáira ill. átlagos élettartamukra az alábbi értékeket kaptuk:

	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_8$
$\nu$	81	61	48	40	20
$\Delta T$	2,26	3,0	3,8	4,6	9,2 nap

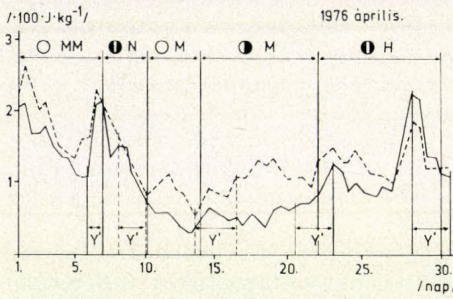
Az ismertett eljárás alapján Magyarország időjárásának jellemzésére, továbbá az ebben fellépő ciklusok kijelölésére az Időjárási Napijelentésben (1976) közölt napfénytartam, csapadék- és hőmérsékleti adatokat használtuk. Az időjárás jellegének meghatározására ezen adatok jellemző értékeit (módusait) vettük figyelembe. A napi középhőmérséklet eltérései a 100 éves átlagtól csak Budapestről álltak rendelkezésünkre. A borultság mértékét az észlelt és a csillagászatilag lehetséges napfénytartam különbségével határoztuk meg. Az olyan ciklusokat, amelyekben a felhős és derült, csapadékos és száraz időjárás naponta váltogatták egymást, „változékonny”-nak minősítettük. A ciklusok tartamának megállapításakor az elérhető pontosság a napi adatok miatt 24 óra. A vizsgált 185 nap hosszúságú sorozatban a ciklusok frekvenciájára ( $n$ ) 29-et kaptunk, átlagos tartamuk ezért a (3) alapján:  $\bar{Y}=6,4$  nap.

A kapott eredményekből az (5/a, b) egyenlőtlenségek felhasználásával meghatározhatjuk azt a térszál tartományt, amely megfelel az  $\bar{Y}$  időskálának:

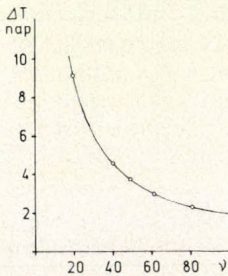
$$\nu_4 = 40 > n = 29 > \nu_8 = 20 \text{ és } \Delta T_4 = 4,6 < \bar{Y} = 6,4 < \Delta T_8 = 9,2 \text{ nap.}$$

Ezek szerint a ciklusok átlagos időtartamának megfelelő térskálatartomány  $X_4$  és  $X_8$  közé esik.

Az  $X_4$  és  $X_8$  skálára kiszámított  $KE$  időbeli menetének, valamint a Magyarországon föllépő ciklusok határainak együttes ábrázolására a 2. ábrán mutatunk be néhány példát. Látható, hogy a ciklusok határain (jelentős időjárás fordulatok idején) az  $X_4$  vagy  $X_8$  skálák valamelyikén éppen új mozgás-



2. ábra: A kinetikus energia ( $KE$ ) időbeli menete, valamint a természetes időjárás ciklusok Magyarországon 1976. áprilisban. Jelelések: Folytonos görbe –  $KE$  az  $X_4$  térskálán, szaggatott görbe –  $KE$  az  $X_8$  térskálán;  $Y'$  – a  $KE$  duplázódásának ill. feleződésének időszaka; a függőleges egyenesek a ciklusok határait jelölik; a ciklusok felhőzeti és csapadékviszonyait a karikák jelölik: derült-száraz, változékony, erősen felhős-csapadékos; a hőmérséklet jellege: MM – erősen meleg, M – meleg, N – normális, H – hideg



3. ábra: Az egyes térskálákon kialakuló mozgásrendszerek átlagos tartama és frekvenciái közötti kapcsolat

rendszer van kialakulóban, azaz a  $KE$  duplázódik vagy feleződik. Mivel azonban hazánk területe jóval kisebb, mint az említett skálákhoz tartozó területek, előfordulhat 2-3 napos fáziseltolódás a Magyarországon észlelt időjárás fordulat és az említett skálákon történő átalakulás között. Így pl. ha a szinoptikai átalakulás az  $X_4$  vagy  $X_8$  térskálákon belül először hazánk területét éri el, majd innen terjed tovább az egész térskálára, akkor az időjárás fordulat hazánkban megelőzheti a jóval nagyobb térségre vonatkozó átalakulást. Ennek fordítottja, amikor az  $X_4$   $X_8$  térskálán meginduló átalakulás utoljára hazánk területét érinti. Sőt, megtörténhet az is, hogy az átalakulás az  $X_4$  vagy  $X_8$  térskála területének legnagyobb részére kiterjed, hazánkra azonban nem. Vizsgálatunk szempontjából az utóbbi eseteket figyelmen kívül kell hagyni.

Adott térskálán a mozgásrendszerek átlagos élettartama (4) szerint fordítva arányos a frekvenciájukkal. Defináljuk egy mozgásrendszer fajlagos teljesítményét ( $W$ ) a kialakulás ideje ( $Y'$ ) alatt:  $W = \Delta Z / Y'$ , innen

$$Y' = \Delta Z / W. \quad (6)$$

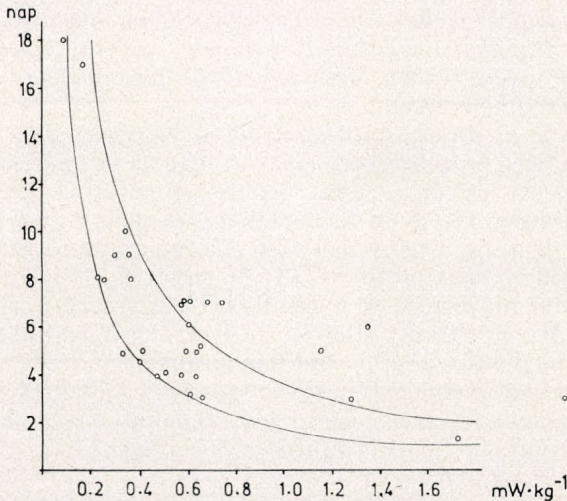
Ha feltételezzük, hogy a megfelelő skálájú ( $X_4$  vagy  $X_8$ ) mozgásrendszer kialakulása és a ciklus tartama között valamilyen arányosság áll fenn, azaz  $Y = b \cdot Y'$ , akkor (6)-ból következik:

$$Y = b \cdot \Delta Z / W. \quad (7)$$

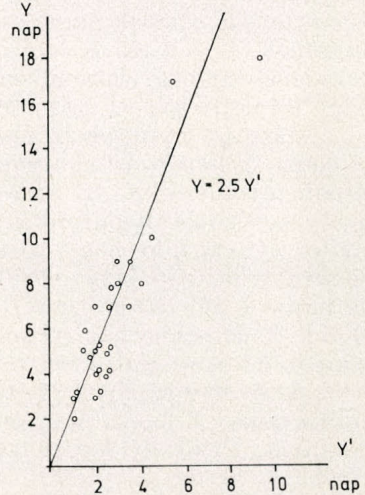
Amennyiben  $b \cdot \Delta Z$ -t első közelítésben állandónak vesszük, a ciklus tartama fordítva arányos a megfelelő skálájú mozgásrendszer teljesítményével,

és  $Y$  csak  $W$  függvénye. Ezzel (3)- ill. (4)-hez nagyon hasonló összefüggéshez jutottunk, azaz egy mozgásrendszer frekvenciája, egyszerűsítő föltételezések mellett, helyettesíthető a fajlagos teljesítménnyel.

Az egyes térskálákban kialakuló mozgásrendszerek átlagos tartama és frekvenciája közötti (4) kapcsolatot a 3. ábra mutatja. Az ábrán az abszcissza-tengely a frekvenciát, az ordináta-tengely az átlagos élettartamot jelöli.



4. ábra: A mozgásrendszerek teljesítménye (milliwatt/kg) a KE duplázódása ill. feleződése alatt, valamint a hazánkban egyidejűleg kialakuló ciklusok tartama ( $Y$ ) közötti kapcsolat



5. ábra: A KE duplázódási ill. feleződési ideje ( $Y'$ ), valamint az egyidejűleg kialakuló ciklus tartama ( $Y$ ) közötti kapcsolat

Az  $X_1, X_2, X_3, X_4, X_8$  skálákhoz tartozó  $\nu_i, \Delta T_i$  értékpárok egy hiperbola mentén helyezkednek el.

A (3), (4) és (7) hasonlósága alapján, továbbá  $b \cdot \Delta Z = \text{const.}$  föltételezésével helyettesítsük az abszcissza-tengelyen  $\nu$  frekvenciát a  $W$  fajlagos teljesítménnyel, az ordináta-tengely pedig jelölje a Magyarországon észlelt ciklusok tartamát napokban ( $Y$ ). Az összetartozó  $W, Y$  értékeket a 4. ábrán mutatjuk be. A  $W$  fajlagos teljesítményt az  $X_8$  vagy  $X_4$  térskáláról vettük aszerint, hogy a KE duplázódása ill. feleződése az  $X_8$  térskálán is bekövetkezett vagy csak az  $X_4$  térskálán történt.

A 4. ábráról két fontos tényt állapíthatunk meg: 1. általában minél nagyobb a kialakuló mozgásrendszer fajlagos teljesítménye, annál rövidebb ideig marad meg az egyidejűleg megjelenő ciklus és viszont; 2. az összetartozó  $W, Y$  értékek többsége két hiperbolával határolt területen helyezkedik el, a pontok tehát bizonyos szórást mutatnak. (A  $W, Y$  koordináta-rendszerben ezek a hiperbolák egy-egy energiaszint izovonalait állítják elő, az  $Y \cdot W$  szorzat ui. fiktív energiát jelent, amely akkor keletkezne, ha  $W$  teljesítménnyel  $Y$  ideig KE termelődne.) Az első megállapítás magyarázatát bizonyára abban kell keresnünk, hogy a légkörben rendelkezésre álló energia korlátozott. Nagyobb fajlagos teljesítmény rövidebb, kisebb teljesítmény hosszabb idő alatt használja el a rendelkezésre álló energiát.

A második megállapítás: a pontok szórása a 4. ábrán két körülményre vezethető vissza. Egyrészt származhat a KE számításának bizonytalanságából.

Figyelembe kell venni, hogy a  $KE$  a szélesség négyzetével arányos, ezért a szélmerésekben, a széladatok kódolásában, a kódok leolvasásában elkövetett minimális,  $1 - 2 \text{ m} \cdot \text{sec}^{-1}$  értékű pontatlanság már jelentős hibát okoz a  $KE$  számításában. További bizonytalanságot jelent, hogy a széladatok sporadikus mérések eredményei, ezért ha a horizontális szélmezőben nagyobb szélnyíródás van, nagyon kétségesé válik, hogy a mérések elegendő pontossággal jellemzik-e a valóságos szélmezőt. Éppen emiatt a  $KE$  számított értékeit nem tekinthetjük másnak, mint a valóságos értékek többé-kevésbé sikeres megközelítésének. A  $KE$ -ra, továbbá a fajlagos teljesítményre kapott számításaink mindenesetre nagyságrendben jól megegyeznek Makainé (1976), hasonló nagyságú területre kapott számítási eredményeivel.

Másrészt a pontok szórása a 4. ábrán származhat abból is, hogy a  $b \cdot \Delta Z = \text{const.}$  feltételezésünk csupán első közelítésben igaz. A kapott számítási eredmények szerint  $\Delta Z$  az  $X_4$  és  $X_8$  skálán az esetek többségében 60 és 120  $\text{joule} \cdot \text{kg}^{-1}$  között ingadozik kivételesen 150  $\text{joule} \cdot \text{kg}^{-1}$  értéket is elérhet. Ugyanakkor nyilvánvaló, hogy azonos  $W$  teljesítmény nagyobb  $\Delta Z$  energiaváltozást hosszabb idő alatt képes előállítani,  $Y$  tehát arányos  $\Delta Z$ -vel, amint ez (7)-ből is látható. A (6) összefüggést (7)-be helyettesítve a rendkívül leegyszerűsített  $Y = b \cdot Y'$  kapcsolathoz jutunk. Mivel aktuális esetekben  $Y'$ -t mérni tudjuk, csupán  $b$  tapasztalati úton való meghatározása marad feladatunk.

Az 5. ábra az  $X_4$  ill.  $X_8$  térskálán megjelenő mozgásrendszerek kialakulási időtartama ( $Y'$ ) és a Magyarországon csaknem egyidőben kialakuló ciklusok tartama ( $Y$ ) közötti kapcsolatot mutatja be. Az empirikus összefüggést az

$$Y = 2,5 Y' \quad (8)$$

regresszió írja le. A (7) és (8) függvénykapcsolat nem más, mint (2) kereset alakja. Észrevehetjük, hogy (8)-ből hiányzik  $Z$  explicit kifejezése.

A magyarországi ciklusok tartamára (8) alapján számított értékek közepes abszolút hibája 1,22 nap a vizsgált 29 esetből. Összehasonlításként: az  $Y'$  meghatározásakor elkövethető hiba szélső esetben 0,5 nap, az  $Y$  meghatározásakor 1,0 nap.

#### IRODALOM

- Gárs, A. A. (1974) : Makrocirkulacionnij metod dolgozrocsnih meteorologiceszkih prognozov. Gidrometizdat, Leningrad. (Ismertetés : *Időjárás*, 1975, 245. o.)
- Hromov, Sz. P., 1968: A félévészázados szovjet meteorológia. *Időjárás*, 72, 1 - 14. o.
- Időjárási Napijelentés*, 1976. Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest.
- Koppány Gy., 1975: Estimation of the life span of atmospheric motion systems by means of atmospheric energetics. *Met. Magazine*, Vol. 104, pp. 302 - 306.
- Koppány Gy., 1977: Some theoretical aspects of the predictability of weather. (Kézirat: benyújtva a Quarterly Journal of Roy. Met Soc.hoz)
- Makainé, Cs. M., 1968: Légköri energetikai számítások. OMSZ Hiv. Kiadv. XXXV. k., 97 - 108. o.
- Makainé, Cs. M., 1976: Energiaátalakulások a légkörben. Kandidátusi disszertáció.
- Pagava, Sz. T., 1963: Koliceszttvennij szposzob opredelenija dati nacala jesztesztvenno szinopticeszkovo perioda. *Meteorologija i Hidrologija*.
- Pagava, Sz. T., 1962: Szposzob raszcsota vo vtoroj djenj jesztesztvenno szinopticeszkovo perioda szrednevo znacszenija  $H_{500}$  na poszledujuscie dnji jivo. *Meteor. i Gidr.*
- Pécze Gy., 1957: Grosswetterlagen in Ungarn. Az OMI Kisebb Kiadv., 30. sz., 82 - 83. o.
- Pedj, D. A. - Vaszjukov, K. A. - Zverjev, N. I., 1962: Prognoz szinopticeszkih processzov na tekusesih e. sz. p. sz pomocszju analoga. *Meteor. i Gidr.*
- Rákócziné, W. M., 1968/a: Csapadékmentes és kicsapadékú napok néhány statisztikai jellemzője. *Időjárás*, 72, 30 - 34. o.
- Rákócziné, W. M., 1968/b: Csapadékmentes és kicsapadékú napok gyakorisági és tartamgyakorisági értékeinek időbeli eloszlása. OMSZ Hiv. Kiadv., XXXV. k., 245 - 256. o.
- Rudicseva, L. M. - Boriszova, L. G., 1968: Iszpolzovanie oszobennosztej jesztesztvennih szinopticeszkih sezonov pri szosztaavlennij meszjacsnih prognozov pogodi. *Trudi GMC*, vip. 12., 12 - 18. o.

# IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 81. évf. 4. szám. 1977. júl. – aug.  
*Journal of the Meteorological Service. Vol. 81 No 4 July – August 1977 Budapest*

## Különböző skálájú vertikális mozgások és a felhőzeti mező kapcsolata egy anticiklonban

FEKETE ILONA, *Központi Légekfizikai Intézet, Budapest*

*Connection between the Vertical Motions of Different Scales and the Cloudiness in an Anticyclone.* The genetic investigation of the cloudiness of an anticyclone is presented, and the role of the three main forms of the vertical motion (the large-scale vertical motion, the convection and the turbulence) is evaluated. The large-scale vertical velocity is computed by the method elaborated by *Tánczer*, using a 300-km grid length. For characterizing the convective activity a modified version of the instability index  $K$  is used. This version is more dependant on the temperature and therefore it is more suitable for the approximation of the distribution of cloudiness. The turbulence is described by the *Richardson* number modified by *Tánczer* for taking into account the saturation conditions. In the paper the areas are selected where cloud development by at least one of the three parameters is offered (*Fig. 5*) and are compared with the nephanalysis charts using the pictures of the ESSA-8 satellite (*Fig. 3*). The similarity between the two fields is 88%, the correlation coefficient computed on the basis of the signum correlation is 0.76.

\*

*Связь вертикальных движений различного масштаба с полем облачности в антициклоне.* Описывается генетическое исследование облачности антициклона, причем анализируется роль трех основных видов вертикальных движений: макромасштабного вертикального движения, конвекции и турбулентности. Скорость макромасштабного вертикального движения вычисляется методом *Тэнцера* с шагом решетки равным 300 км. Для характеристики конвективной деятельности был изменен индекс неустойчивости  $K$ . При помощи принятого автором индекса неустойчивости, в повышенной мере зависящей от температуры, поле облачности аппроксимируется в данном случае точнее. Для описания турбулентности применялась форма числа *Ричардсона*, полученная *Тэнцером* с учетом условий насыщения. Выделяются области, в которых по крайней мере одним из трех параметров обосновывается образование облаков (*рис. 5*), и это сопоставляется с картой нефанализа, построенной по изображениям спутника ESSA-8 (*рис. 3*). При этом получено 88%-ное совпадение двух полей, и Коэффициент корреляции, вычисленный с корреляцией знаков, составляет 0,76.

\*

Előző dolgozatunkban (*Fekete, 1975*) felhívtuk a figyelmet arra, hogy a nyári anticiklonokban Európa térségében a délelőtti órákban a felhőzet mennyisége nem elhanyagolható. (Centrális területen a borultság átlaga tizedekben 2,6, a perem közelében 4,4). Ez indokoltá teszi az anticiklon felhőzetének, valamint a felhőzet kialakulásához vezető tényezőknek a tanulmányozását.

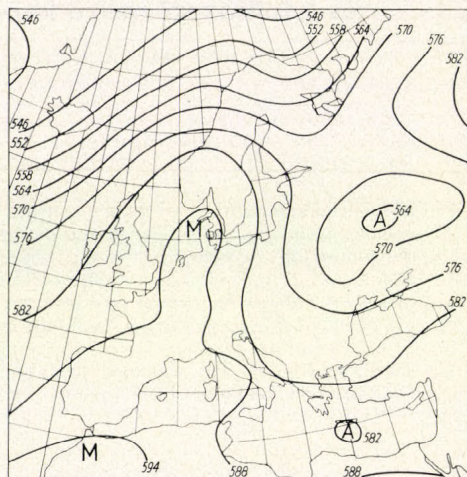
Megállapítottuk azt is, hogy az anticiklon felhőzete a képződmény fejlődése során növekszik, majd a leépüléssel csökken, továbbá a magas centrumnyomású anticiklonok borultsága nagyobb, mint a nyári anticiklonok átlagos borultsága. Az anticiklon kinematikai és termodinamikai rendszere tehát nem zárja ki felhőkeletkezés lehetőségét sem. Igaz ugyan, hogy az anticiklonok

felhőzete gyakran kapcsolódik a szomszédos időjárási képződményekhez, de véleményünk szerint több oknál fogva ilyen esetekben is az anticiklonok felhőiről kell beszélnünk.

Az anticiklonok felhőzetének összetétele erősen változó, különböző szerkezetű gomolyok, rétegfelhők alkotják, amelyek különböző felhőrendszerekben (frontális felhőöv, konvektív cellák stb.) figyelhetők meg. A felhőzet szerkezete határozott függést mutat az advektációs viszonyoktól: a hideg-advektáció területén, a keleti szektorban gomolyos volt a felhőzet, míg a meleg-advektáció területén vagy hiányzott a felhő, vagy rétegfelhőt találtunk. A gomolyos felhőzet elő-



1. ábra: Szinoptikus térkép. 1973. augusztus 13. 12 GMT



2. ábra: Az 500 mb-os abszolút topográfia. 1973. augusztus 13. 12 GMT

fordulása felhívja a figyelmet a konvekció és a turbulencia vizsgálatára, amelyet a hideg-advektáció következtében fellépő instabilizálódás segít elő. A réteges felhőformák a rendezett feláramlás szerepét helyezik előtérbe.

Célul tűztük ki annak eldöntését, hogy adott anticiklon műholdképen megfigyelt felhőit milyen vertikális mozgásforma (rendezett feláramlás, konvekció, turbulencia) okozta. Megvizsgáltuk továbbá, hogy a különböző vertikális mozgásformák jellemzésére általunk választott paraméterekkel milyen mértékben sikerül leírni az anticiklon felhőzeti mezejét.

### 1. A szinoptikus helyzet ismeretelése

Vizsgálatunkat az 1973. augusztus 13-án Európa fölött előfordult anticiklonra végeztük el, amelyet az 1. ábrán mutatunk be. Az anticiklon élettartama kilenc nap volt, a szóban forgó nap a fennállás negyedik napjára esett. A stacionárius anticiklon középpontja Dánia területén feküdt 1030 centrumnyomással. Nyugat felől egy Izland feletti ciklon hidegfrontja határolta. A ciklon melegfrontja a Skandináv félsziget területén kissé benyúlt az anticiklonba és összekapcsolódott a Finnország fölötti hidegfronttal. Az anticiklontól keletre ciklon helyezkedett el, délre jellegtelen időjárás uralkodott.

A megfelelő 500 mb-os topográfiát a 2. ábrán közöljük. Ezen már csak anticiklonáris gerinc húzódik, melynek tengelye közelítőleg az 5-ös keleti hosszúsági kör mentén van. Az anticiklont kelet felől határoló ciklon vertikálisan fejlett.

## 2. Az anticiklon felhőzeti mezeje

A felhőzeti mezőt az ESSA-8 műhold felhőképei segítségével állítottuk elő. A 3. ábrán a vizsgált anticiklon nefanalízis térképét mutatjuk be. A jelölések megfelelnek a nemzetközileg elfogadott jelöléseknek (Tánczer, 1973).

Az anticiklonban legfelhősebb a keleti szektor, ahol gomolyos szerkezetű felhőzet található. Ez a kép jellemző a nyári anticiklonok felhőzeti mezejére. A felhős terület az anticiklon peremétől a legbelső izobárjáig húzódik és a magasban a gerinc és a teknő közötti erőteljes áramlás területére esik. A felhőzet szerkezetét a 4. ábrán közölt műholdkép alapján tanulmányozhatjuk. A déli részen nagy átmérőjű gomolyok figyelhetők meg, meglehetősen szabálytalan elrendezésben. A középső tartományban kis átmérőjű gomolyok vannak, azokba beágyazottan nagy, fejlődő zivatarcellák. Az északi tartományban részben az említett két megjelenési forma váltakozik. Ehhez azonban még kisebb átmérőjű gomolyok is társulnak, melyek már elmosódtak a műholdképen.

Az anticiklon északi részén megfigyelhető a benyúló meleg- és hidegfront felhőzete, amely gomoly- és rétegfelhőkből áll.

Az anticiklon délnyugati részén, Dél-Franciaország területén, szétszórt csoportokban viszonylag nagy átmérőjű gomolyos felhőzet található, amely a területnek kb. 30%-át borítja.

Az anticiklon délnyugati peremén köd helyezkedik el.

## 3. Vizsgálati módszerek ismertetése

Dolgozatunkban a vertikális mozgások három fő típusát tanulmányoztuk; a nagytérségű vertikális mozgást, a konvekciót és a turbulenciát. Ezek jellemzésére egy-egy általánosan elfogadott paramétert választottunk.

3.1 Nagytérségű vertikális mozgás. A nagy térségű vertikális mozgást Tánczer (1974) módszerével számítottuk ki, amely a kontinuitási egyenlet nyomás szerinti integrálásán alapul. A széladatokat egy 300 km-es ráctávolságú derékszögű hálózat rácspontjaira interpoláltuk.

Az említett módszer a főszinteken uralkodó függőleges sebességekre a következő munkaformulákat adja meg:

$$\omega_{850} = -4,85\hat{p}_0 + 3,3 (\Sigma V_r^1)_{850} \quad [\text{mb}/12 \text{ óra}]$$

$$\omega_{700} = \omega_{850} + 2,7 [(\Sigma V_r^1)_{850} + (\Sigma V_r^1)_{700}] \quad [\text{mb}/12 \text{ óra}]$$

$$\omega_{500} = \omega_{700} + 3,6 [(\Sigma V_r^1)_{700} + (\Sigma V_r^1)_{500}] \quad [\text{mb}/12 \text{ óra}]$$

$$p_0 = p_5 + p_6 + p_7 + p_8 - 4p_0$$

$$V_r^1 = \sum_{n=1}^4 V_n \cos \alpha_n^1 + 0,7 \sum_{n=5}^8 V_n \cos \alpha_n^1$$

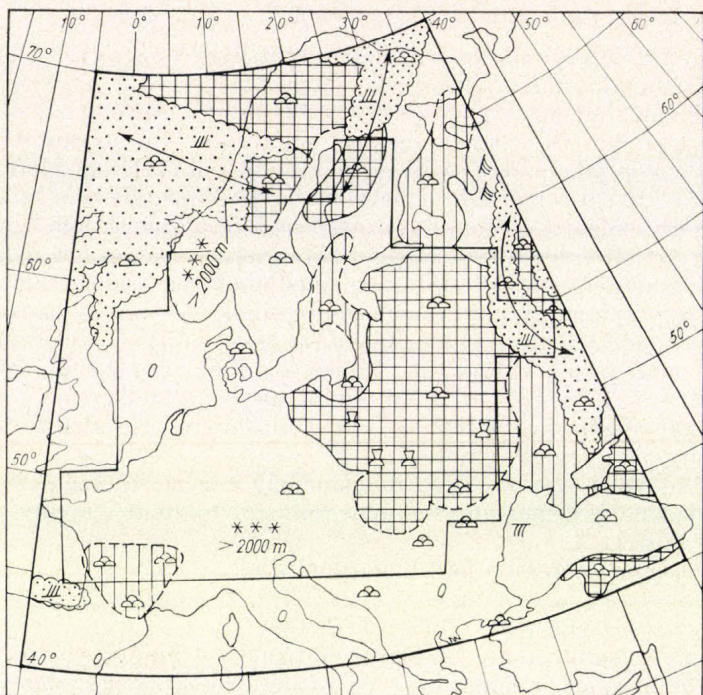
$$\alpha_n^1 = \beta_n - \alpha_n$$

Az egyenletekben  $\omega$  a vertikális szélesség,  $V_n$  a horizontális szélesség az  $n$ -edik rácponton,  $\beta_n$  a szélirány az  $n$ -edik rácponton,  $\alpha_n$  rácpontonként változó szögek,  $p$  a légnyomás. Az első egyenletben szereplő második konstans a légkör valóságos viszonyainak pontosabb figyelembevétele érdekében a szerző kissé módosította.

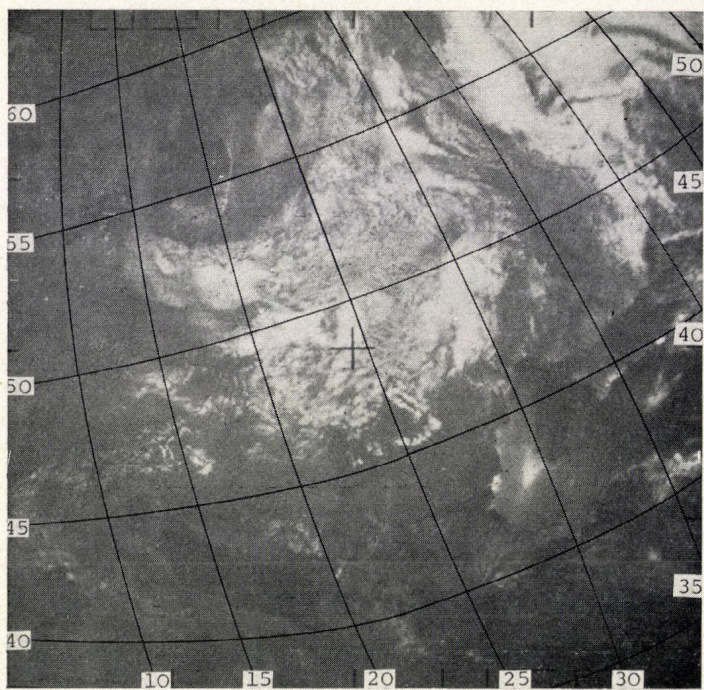
A számításokat Hewlett – Packard-elektronikus számítógépre programoztuk.

A nagy térségű vertikális sebesség vizsgálatánál számításba vettük, hogy a feláramlás csak akkor vezet felhőképződéshez, ha a légoszlopban elegendő nedvességtartalom van a kondenzációhoz.

Azt a területet, ahol számításaink szerint a nagy térségű vertikális feláramlás felhőképződéshez vezet, az 5. ábrán tüntettük fel.

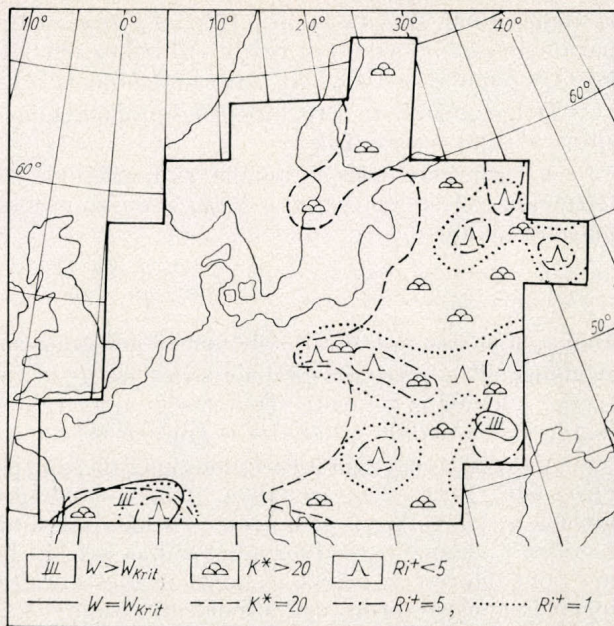


3. ábra: Az ESSA-8 felhőfelvételei alapján készült nefanalízis térkép. 1973. augusztus 13.



4. ábra: Az anticiklon keleti szektorának felhőzete. ESSA-8, 1973. augusztus 13. 21363. pálya, 9<sup>h</sup>15'07" GMT

5. ábra: A különféle vertikális mozgások felhőképződés szempontjából aktív területei: nagy térségű vertikális mozgás ( $w$ ), konvekció ( $K^*$ ; módosított  $K$  index), turbulencia ( $Ri^*$ ; módosított  $Ri$  szám)



3.2 *A konvektív tevékenység.* A konvekció fellépését és intenzitását jellemző paraméter előállítására elég jelentős probléma. Leggyakrabban a konvektív aktivitást a zivatartevékenység szempontjából igyekeznek megközelíteni, és különböző indexeket szoktak felállítani. Ezekkel az indexekkel a felhőképződés is jellemezhető, hiszen az indexek tulajdonképpen a konvektív aktivitás mérőszámai, ami a felhőképződésnek éppúgy előfeltétele, mint a konvektív csapadékképződésnek. Felhőképződés vizsgálatánál azonban a határt máshol kell meghúzni, mint a csapadékképződésnél. Kiválasztottuk a gyakorlatban használt indexek közül a  $K$  számot, amelyet *Whiting* határozott meg:

$$K = T_{850} - T_{500} + (T_d)_{850} - \tau_{700}$$

ahol  $T_{850}$  és  $T_{500}$  az indexben feltüntetett szintek hőmérséklete,  $(T_d)_{850}$  a 850 mb-os harmatpont;  $\tau_{700}$  a 700 mb-os harmatpont-depresszió.

A  $K$  indexre zivatarképződés szempontjából az ideális határ 28,6 (*Götz – Szalay*, 1965). Mi úgy találtuk, hogy felhőképződés szempontjából a  $K = 20$  a legmegfelelőbb.

A  $K$  index mezejének összehasonlítása a felhőzet mezejével nem adott kielégítő eredményt. Úgy találtuk, hogy a  $K$  index mellett célszerű a hőmérsékleti viszonyokat is figyelembe venni. Ez a megfigyelés megegyezik *Tünczer* (1975) nagyobb megfigyelési anyagon nyert eredményével. Ezért a  $K$  indexen hőmérsékleti korrekciót végeztünk a következőképpen:

$$K^* = T_{850} - T_{500} - \tau_{850} - \tau_{700} + 11,5$$

ahol  $\tau_{850}$  a 850 mb-os harmatpont-depresszió. A  $K^*$  bevezetése a felhőzeti mező és a vertikális mozgások mezejének egyezését 75%-ról 88%-ra javította. A  $K^* \geq 20$  mezőt az 5. ábrán tüntettük fel, jelölését az ábra aláírása mutatja.

3.3 *A turbulencia szerepe.* A turbulencia nagymértékben elősegíti a hő- és nedvességtartalom cseréjét, ezért jelentős hatással lehet a felhőzeti viszonyok alakulására. A felhőképződésre gyakorolt hatásával több kutató (*Howell*, 1951,

Hromov, 1952, Godske et. al., 1957, Liljequist, 1974) foglalkozott. Jellemzése, parametrizációja azonban rendkívül nehéz feladat. A turbulencia hatása a felhőzetre jelenleg is vizsgálat tárgya (Cotton, 1975).

Dolgozatunkban a turbulencia karakterizálására a *Richardson* szám módosított alakját használtuk.

A turbulens energia lokális változásának előjelét bizonyos egyszerűsítő feltételek teljesülése esetén a *Richardson*-szám határozza meg, amelynek matematikai alakja:

$$Ri = \frac{g}{T} \frac{\gamma_a - \gamma}{\beta^2}$$

ahol  $\gamma_a$  a száraz adiabatikus hőmérsékleti gradiens,  $\gamma$  a tényleges hőmérsékleti gradiens,  $T$  a rétegeközéphőmérséklet és  $\beta^2$  a vertikális szélnyírás. Kritikus értéke jelenleg is vitatott. Telítettségi vagy telítettséghez közelálló viszonyok esetén  $\gamma_a$ -t a nedves adiabatikus gradienssel szokták helyettesíteni.

A *Richardson*-szám a turbulens energia szintjének jellemzésére is alkalmas. (Kapovits, 1961). Tünczer (1974, 1975) a *Richardson*-számot olyan módon alakította ki ( $Ri^*$ ), hogy  $\gamma_a$  helyett  $\gamma_a^*$ -t használ, ami a harmatpont-depressziótól függően a száraz- és nedves adiabatikus közötti hőmérsékleti gradiens. A harmatpont-depresszió értéke és adott terület borultsága közötti szoros kapcsolat miatt  $Ri^*$  végső soron függ a felhőzeti viszonyok alakulásától. A  $Ri^*$  és a közelítőleg egyidejű műholdkép segítségével megállapítható borultsági értékek között 70%-os volt az egyezés.

Megvizsgáltuk az 1973. augusztus 13-i és egy másik, itt be nem mutatott (1973. augusztus 21-i) anticiklonban az  $Ri^* = 1$  és az  $Ri^* = 5$  kritikus értékek esetén a felhőzeti mező és a vertikális mozgások felhőképződés szempontjából aktív területének egyezését. A dolgozatban bemutatott augusztus 13-i anticiklon esetén a két kritikus érték használata között nincs számottevő különbség. Az augusztus 21-i anticiklonban azonban az  $Ri^* = 5$  lényegesen jobb egyezést adott. Ezért önkényesen az  $Ri^* = 5$  kritikus értéket választottuk.

Az  $Ri^*$  számot a 850 mb és a 700 mb közötti rétegre számítottuk.

A kritikusnál alacsonyabb  $Ri^*$  számok területét az 5. ábrán tüntettük fel. Kihúztuk mind az  $Ri^* = 5$ , mind az  $Ri^* = 1$  izovonalakat, jelölésüket az ábra aláírása mutatja.

#### 4. A felhőzeti mező és a vertikális mozgások mezejének összehasonlítása

A számításokhoz a 12 GMT-kor mért adatokat használtuk fel. A műholdkép és a számított paraméterek közötti időkülönbség a vizsgált térségben kb. 2,5 óra. Az 5. ábrán bemutatott területen mind a felhőkép, mind a három paraméter rendelkezésünkre állt. Az ábrán mint már említettük, mind a három vertikális mozgásforma felhőképződés szempontjából aktív területeit feltüntettük.

A nefanalízis térképet (3. ábra) és a vertikális mozgások összesített térképét (5. ábra) összehasonlítva látjuk, hogy az anticiklon keleti szektorában elhelyezkedő gomolyos felhőzet (4. ábra) jól egyezik a  $K^* \geq 20$  mezővel. A felhős terület nagy részén ugyanakkor  $Ri^* \leq 5$ .

A felhőzet déli részén mind a  $K^*$ , mind az  $Ri^*$  kritikus értéke valamivel délebbre helyezkedik el a felhőhatárnál. A módszernek ezen a területen a legnagyobb a hibája. A szinoptikus térkép szerint azonban itt 12 GMT-kor már felhő volt, az eltérést feltehetőleg az említett időkülönbség okozta.

A felhőzet középső részén mind a  $K^*$  index, mind az  $Ri^*$  borultságra utal. A felhőzet nyúlványa az anticiklon centruma felé mind a két paraméter segítségével jól kirajzolható. Az  $Ri^*$  szám itt több helyen 1 alatt van, feltehetőleg itt volt a legerősebb a turbulencia. Itt helyezkedik el a négy kialakulóban levő zivatarcella is. Ebből kettő az  $Ri^* \leq 1$  alatti értékeivel esik egybe, egy pedig  $K \geq 30$  területen van.

A felhőzet északi szektorának nagy részén  $K^* \geq 20$  fennáll, egyes területeken  $Ri^* \leq 5$  is. A nyugati részen, a Balti-tenger partvidékén és a Balti-tengeren az indexek nem indokolják a felhő jelenlétét, ezen a területen a felhőzet mennyisége azonban nem túl nagy. Másrészt a Balti-tenger feletti felhőnyúlvány adathiány miatt nem is rajzolódhat ki. Természetesen ezeken a területeken hibásnak tekintettük a módszert. Érdekes megfigyelni, hogy a Szovjetunió északnyugati része fölött – a vertikális mozgások segítségével – a front melletti igen kis kiterjedésű derült terület is kimutatható.

A keleti szektor gomolyos felhőzete vizsgálataink alapján konvektív és turbulens eredetű lehet. A felhőzet kialakításában feltehetőleg a konvekció az elsődleges, melynek viszonylag a kora órákban való kibontakozását a hideg-advekció miatti instabilizálódás és a turbulencia segítette elő.

A Finnország feletti hidegfrontnak a vizsgált térségre eső területén a  $K^*$  index a kritikus 20-as érték felett van. A Skandináv-félsziget felett húzódó melegfront már szinte teljesen a vizsgált térségen kívül fekszik, mert ide adathiány miatt nem tudtunk nagy térségű vertikális sebességet számolni. Ennek ellenére valószínűnek látszik, hogy vizsgálatunk sem a meleg frontra, sem a hidegfrontra nem jelezett volna nagy térségű feláramlást. A melegfront esetében igen valószínű, hogy nem volt feláramlás, mert a következő napon a műholdképen már nem mutatható ki a front. A hidegfront esetében pedig problémát okozhat a műholdkép és a földi adatok közötti időkülönbség. A front ugyanis nagy sebességgel északkeleti irányba helyeződött át. Feltevésünk helyességére utal, hogy a karéliei tóhátságon elhelyezkedő rácspontban 850 mb-on kisebb feláramlás van, habár ez nem jelentkezik a vertikális mozgások térképén, mert a feláramlás nem elég erős a felhőképződés előidézéséhez.

A Dél-Franciaország feletti gomolyfelhők területén  $K^* \geq 20$  és a nagy térségű vertikális sebesség elég nagy ahhoz, hogy felhőképződést idézzon elő. Egyes területeken  $Ri^* \leq 5$  is fennáll. A vertikális mozgások kritikus értékei igen jó közelítéssel egyeznek a felhőhatárral.

Az anticiklon délnyugati nyúlványában elhelyezkedő köd már kívül esik a vizsgált területen.

### 5. Az eredmények értékelése

A 3. és 5. ábrát összehasonlítva látható, hogy a felhőzeti mező igen jó területi egyezést mutat a vertikális mozgások felhőképződés szempontjából aktív területeinek mezejével. Megkíséreltük ezt az egyezést számszerűen jellemezni. E célból 150 km-es rácshálózatot fektettünk mindkét mezőre és a rácspontokban összehasonlítottuk a nefanalízis térképet és a vertikális mozgások egyesített mezejét. Az összehasonlítást kétszer végeztük el. Első esetben a konvekció jellemzésére a  $K$ , második esetben a  $K^*$  indexet használtuk.

Négy kategóriát különböztettünk meg: *a*) nem volt felhő és az indexek egyike sem utalt felhőre (20%-os borultság felett); *b*) volt felhő és az indexek jelezték is azt; *c*) volt felhő, de azt egyik index sem indokolta; *d*) valamelyik index indokolta a felhőt, de az hiányzott. Az első két esetben jónak, az utolsó

két esetben hibásnak tekintettük a módszert. Nem vettük számításba azokat a pontokat, amelyek vagy a 0–20%-os borultságú területeket a 20–50%-os borultságú területektől elválasztó görbe 50 km-es környezetébe, vagy az indexek által felhősnek ítélt területet a derült területtől elválasztó görbe 50 km-es környezetébe estek.

Ily módon a  $K$  indexet használva a módszer segítségével 75%-os egyezést kaptunk. A felhővel borított terület 78%-án jelzett valamely index felhőzetet. Az általunk bevezetett, hőmérséklettől függő  $K^*$  indexet használva az egyezés 88%-osra növekedett, a felhővel borított területnek pedig 91%-án adta ki valamely paraméter a felhőt. Utóbbi esetben előjel-korrelációt is számítottunk, eredményül 0,76-os korrelációs együtthatót kaptunk.

Vizsgálataink végső célkitűzése a felhőzeti mező prognosztizálása. Egyetlen esetből természetesen csak kellő fenntartással mondhatunk véleményt arról, hogy a választott paraméterek elegendő pontossággal írják-e le a felhőzeti mezőt. Erre a számítások hosszabb időszakokra történő megismétlésével kaphatunk választ. Valószínűnek tartjuk, hogy található olyan paraméterek, amelyek jobban jellemzik a felhőzeti mezőt, mint az általunk választottak. Ez irányban is további kutatások folytatása szükséges. Amennyiben a felhőzeti mező leírása megfelelő pontossággal elvégezhető, ilyen módon megkísérülhet a felhőzeti mező előrejelzése is. Eddigi eredményeink feljogosítanak arra a reményre, hogy a műholdképek felhasználásával sikerül egy olyan felhőprognosztizálási módszert kidolgozni, amely vetekszik az eddigi módszerekkel, esetleg azoknál pontosabb. Az előrejelzés sikere elsősorban a paraméterek prognosztizálhatóságától függ.

Figyelemreméltó az a lehetőség is, hogy műholdképen megfigyelhető felhőformátumokat genetikailag pontosan azonosíthatjuk. Az ilyen jellegű vizsgálatok nagymértékben elősegítenek azt a törekvést, hogy a műholdképek alapján következtetéseket vonjunk le a különböző skálájú vertikális mozgások mezejére.

#### IRODALOM

- Cotton, W. R. 1975: On Parametrization of Turbulent Transport in Cumulus Clouds. *Journal of the Atmospheric Sciences*. Vol. 32. No. 3.
- Godske, C. L., Bergeron, T., Bjerknes, J., Bundgaard, R. C., 1957: *Dynamic Meteorology and Weather Forecasting*. AMS, Boston and CIW, Washington.
- Götz, G., Pápayné Szalay G., 1965: Hidrosztatikai tényezők szerepe a konvektív zivatarok kialakulásában. *Beszámoló az 1964-ben végzett tudományos kutatásokról*. OMSZ Hivatalos Kiadványai. XXVIII. kötet.
- Howell, W. E., 1951: *The Classification of Clouds Forms. Compendium of Meteorology*. AMS, Boston.
- Hromov, Sz. P., 1952: *A szinoptikus meteorológia alapjai*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Kapovits A., 1961: Richardson turbulencia-kritériumáról. *Időjárás*, 65. évfolyam 4. szám.
- Liljequist, G. H. 1974: *Allgemeine Meteorologie*. Friedr. Vieweg Sohn. Braunschweig.
- Tánczer T., 1973: A nefanalízis térkép elkészítésének alapelvei. *Beszámoló az 1970-ben végzett tudományos kutatásokról*. OMSZ Hivatalos Kiadványai. XXXVIII. kötet. Budapest.
- Tánczer T., 1974: Összefüggés a műholddal megfigyelt felhőzet és a légköri karakterisztikák között (1970. május 6–8). *Beszámoló az 1971-ben végzett tudományos kutatásokról*. OMSZ Hivatalos kiadványai XXXVIII. kötet, Budapest.
- Tánczer T., 1974: A nagytérségű függélyes sebesség kiszámítása számítógéppel. *Időjárás*, 78. évfolyam. 1. szám.
- Tánczer T., 1975: Kísérlet több paraméteres mennyiségi csapadékelőjelzési modell felállítására Magyarország területén. *Időjárás*. 79. évfolyam 3. szám.

# IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 81. évf. 4. szám. 1977. júl. – aug.  
*Journal of the Meteorological Service. Vol. 81 No 4 July – August 1977 Budapest*

## A felsőlégköri lég- és elektronsűrűség egy geomágneses vihar idején

PAÁL ANIKÓ, Központi Légekfizikai Intézet, Budapest

*The Air and Electron Density of the Upper Atmosphere during a Geomagnetic Storm.*  
During the geomagnetic perturbation between 31 October and 2 November 1968 an increase of the air density evaluated from the deceleration of satellites was reported by several authors. In the present paper the electron density of the ionospheric F2-layer during the same storm is investigated. It is shown that simultaneously with the increase of the air density a decrease of the noon, midnight and daily mean values of the electron density occurred. From this fact an increase of the recombination can be concluded; this conclusion is also supported by the observed increase of temperature.

\*

*Плотность воздуха и ионов в верхней атмосфере во время геомагнитного вихря.* В соответствии с данными других авторов, во время геомагнитного вихря, имевшего место в период с 31 октября по 2 ноября 1968 г. увеличилась плотность воздуха, подсчитанная по торможению искусственных спутников. Во время этого же вихря автором изучались условия плотности ионов в ионосферном слое F2. При этом было обнаружено, что с увеличением плотности воздуха одновременно уменьшается как полуденные, полуночные так и средние суточные величины максимальной плотности ионов. Данный факт позволяет судить о повышенном воссоединении ионов, что подтверждается и повышением температуры.

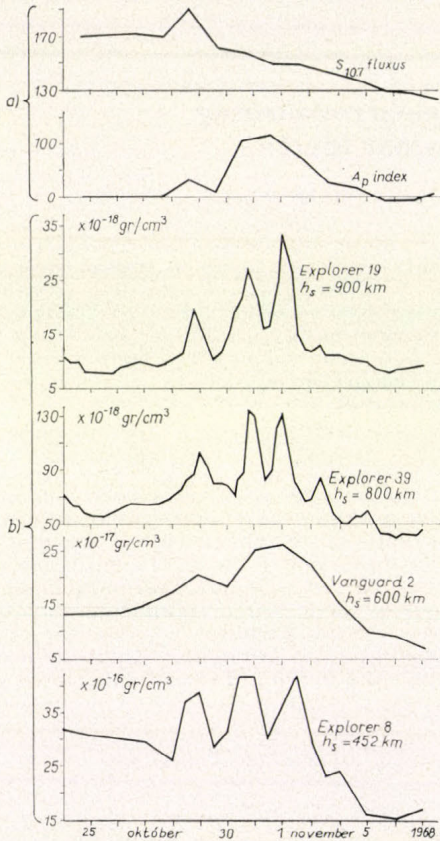
\*

### 1. Bevezetés

A mesterséges holdak mozgásának tanulmányozása útján értékes információkat nyerhetünk azon térség fizikai tulajdonságairól, amelyben a hold mozog. A fékeződés egyik legszembetűnőbb hatása, a keringési idő csökkenése, ellipszis pálya esetén első közelítésben a mesterséges hold perigeumának környezetében levő légsűrűséggel arányos. Így a keringési idő változásából következtethetünk arra a sűrűségre, amely a fékeződést okozta. Az erre vonatkozó elméleteket már az 1960-as években kidolgozták (*King-Hele*, 1964). Ennek alapján több kutató vizsgálta a sűrűség változását a geomágneses háború idején. Kimutatták, hogy azokon a napokon, amikor az  $A_p$  földmágneségi index menetében jelentős maximum észlelhető, a legtöbb esetben ezzel egyidejűleg a fékeződésből számított sűrűség is megnövekszik (*Roemer*, 1972; *Almár, Illés*, 1975). Célszerűnek láttuk megvizsgálni, hogyan változik az ionoszférában a maximális elektronsűrűség geomágneses vihar idején, amikor a légsűrűség növekedést mutat.

## 2. A légsűrűség menete

Nagy intenzitású geomágneses vihar játszódott le 1968. október 31-től november 2-ig. Az 1. ábra a) részében a felső grafikonon a Nap 10,7 cm-es sugárzása fluxusának értékeit tüntettük fel  $10^{-22}$  WHz $^{-1}$ m $^{-2}$  egységekben megadva, az alsón pedig a geomágneses tevékenység jellemzésére használatos indexek közül az  $A_p$  index megfelelő napi értékei láthatók, bemutatva ezek alakulását az említett időszakot megelőzően és követően. A 10,7 cm-es sugárzás intenzitása november 29-én megnövekedett, ezzel egyidejűleg az  $A_p$  földmágnességi index értéke is nagyobb lett, de maximumát csak 2-3 nap múlva érte el. Ezt az időszakot tanulmányozva több kutató kimutatta, hogy a légsűrűség növekedését jelző periódus-csökkenés kisebb-nagyobb mértékben minden vizsgált műhold esetén észlelhető volt. Ezért valószínű, hogy a sűrűség növekedése nem lokális jellegű, hiszen a fékeződés döntő részben a perigeum környékén következik be, a különböző műholdak perigeuma pedig más-más területre esik. L. G. Jacchia (1972, 1975) a *Smitsonian Astrophysical Observatory Special Report* kiadványaiban publikálta a mesterséges holdak fékeződéséből számított felsőlégköri sűrűségértékeket, s ezek felhasználásával alkotta meg a róla elnevezett légköri modelleket. Példaként közülük 4 különböző magasságban keringő mesterséges hold adataiból felrajzoltuk a sűrűségértékeket és ezeket az 1. ábra b) részében mutatjuk be. Mind a 4 mesterséges holdnál a 10,7 cm-es fluxus növekedésével egyidejűleg föllépett egy kisebb amplitúdójú sűrűség – pontosabban közegellenállás – növekedés, amely



1. ábra: a) 10,7 cm sugárzás, a földmágnességi  $A_p$  index és b) a különböző mesterséges holdak fékeződéséből számított légsűrűség-változás 1968. október 25 – november 7. között

legnagyobb értékét az  $A_p$  index maximumával egyidőben érte el.

Az *Explorer 8* mesterséges hold átlagos keringési magassága 450 km, ami közelítőleg az *F2*-réteg maximális elektronsűrűségű helyének magasságával egyezik meg. Az *F2* réteg azonban 600 km magasságig is felnyúlik, tehát még a *Vanguard 2* hold is lényegében az *F2* rétegben mozog. Ez a körülmény lehetővé tette, hogy párhuzamosan az ionosféra *F2* rétegében levő elektronsűrűség-viszonyokat is megvizsgáljuk az említett geomágneses vihar időszakában.

### 3. Az ionoszféra-paraméterek alakulása

3.1. Az  $F2$  réteg déli határfrekvenciájának módosulása. Az Országos Meteorológiai Szolgálat békéscsabai archívumában található megfigyelési anyagot a moszkvai  $B$  adat-világközpont által rendelkezésünkre bocsátott adatokkal egészítettük ki, így vizsgálatunkhoz 37 állomás adatai álltak rendelkezésünkre.

I. TÁBLÁZAT

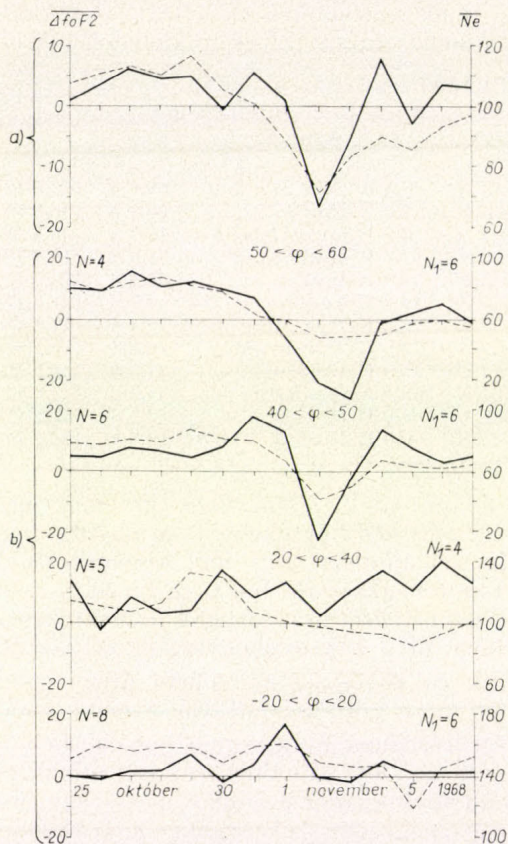
Állomás	$\varphi$	$\lambda$	Állomás	$\varphi$	$\lambda$	Állomás	$\varphi$	$\lambda$
Godhavn	69,3 N	53,5 W	Belgrád	44,8 N	20,5 E	Cape Schmidt	68,9 N	179,5 E
Ottawa	45,4 N	75,9 W	Freiburg	48,5 N	7,6 E	Maui	20,8 N	156,5 W
White Sands	32,3 N	106,5 W	Ibadan	7,4 N	3,9 E	Cocos Island	12,2 S	96,8 E
Jamaica	18,0 N	76,8 W	Tsumeb	19,2 S	17,7 E	Mundaring	32,0 S	116,2 E
Huancayo	12,0 S	75,3 W	Dzsibuti	11,5 N	42,8 E	Wilkes	66,2 S	110,5 E
Buenos Aires	34,5 S	58,5 W	Moszkva	55,5 N	37,3 E	Vanimó	2,7 S	141,3 E
Dourbes	50,1 N	4,6 E	Ashkhabad	37,9 N	58,3 E	Port Moresby	9,4 S	147,1 E
Párizs	48,1 N	2,3 E	Ahmedabad	23,0 N	72,6 E	Townsville	19,3 S	146,7 E
Juliusruh	54,6 N	13,4 E	Alma-Ata	43,2 N	76,9 E	Brisbane	27,5 S	152,9 E
Lindau	51,6 N	10,1 E	Norilsk	69,4 N	88,1 E	Canberra	35,3 S	149,0 E
Grác	47,1 N	15,5 E	Irkutsk	52,5 N	104,0 E	Hobart	42,9 S	147,2 E
Pruthonice	50,0 N	14,6 E	Bangkok	13,8 N	100,6 E	Norfolk Island	29,0 S	168,0 E
Békéscsaba	46,7 N	21,2 E	Akita	39,7 N	140,1 E			

Az állomások nevét és földrajzi koordinátáit az *I. táblázatban* tüntettük fel. Először az ionoszféra-állomások helyi 12 órai  $f0F2$  értékeit, azaz az  $F2$  réteg déli határfrekvenciáját vizsgáltuk. Minden állomás adataiból kiszámítottuk a déli medián értékétől vett eltérést. Ezzel megkaptuk, hogy az  $F2$  réteg déli határfrekvenciája milyen irányban és mennyivel tér el az átlagos havi értéktől. (Az  $f0F2$  déli értéke több tényezőtől függ, pl. a naptevékenységtől, évszaktól stb.) Az eltéréseket  $\Delta f0F2$ -vel jelöltük és az összes állomásra átlagoltuk. A kapott eredményt a *2. ábra* felső folytonos görbéje mutatja. Szembetűnő, hogy azokon a napokon, amikor a légsűrűségnek maximuma van, a  $\Delta f0F2$  erősen csökken. Ez a tény arra utal, hogy az adott időpontban a rekombináció valószínűleg megnövekedett. Az egyes állomások  $\Delta f0F2$  értékeit nézve úgy tűnik, hogy a különböző földrajzi, illetve geomágneses szélességeken a csökkenés nem egyforma. Azért, hogy erről részletesebb képet nyerjünk, az egyes állomások adatait a geomágneses szélesség szerint csoportosítva átlagoltuk, és folytonos vonallal a *2. ábra b)* részében rajzoltuk fel. Ezek az eredmények azt mutatják, hogy a  $\Delta f0F2$  minimuma magasabb szélességeken mélyebb, és ez az átlagtól való negatív irányú eltérés több napon keresztül megtalálható. Alacsonyabb szélességeken a csökkenés kisebb mértékű, később következik be és rövidebb ideig tart. A közepes szélességeken október 31. körül a  $\Delta f0F2$  növekedett. Ez a növekedés valószínűleg a Napon ez időben észlelt flerrel áll kapcsolatban, ahonnan ilyenkor több ionizáló sugárzás érkezik.

3.2. Az elektronsűrűség változása. A továbbiakban a határfrekvencia helyett a fizikailag könnyebben értelmezhető ún. maximális elektronsűrűséggel jellemezzük az  $F2$  réteg elektromágneses tartalmát. Föltételezve az elektronsűrűség parabolikus eloszlását, az  $f0F2$  határfrekvenciából egyszerű formulával kiszámíthatjuk a rétegben előforduló maximális elektronsűrűséget (Rawer, 1957):

$$N_e \left[ \frac{\text{elektron}}{\text{cm}^3} \right] = 1,24 \cdot 10^{-4} \quad f0F2^2 \text{ [MHz] } .$$

Az óránkénti  $f_0F_2$  értékeket a fenti formula segítségével átszámítottuk maximális elektronsűrűség adatokra, és az egyes állomások óránkénti adataiból napi átlagot képeztünk. Ha több egymás utáni órában hiányzott az  $f_0F_2$  érték,



2. ábra: A déli határfrekvencia  $\overline{\Delta f_0 F_2}$  (folytonos vonal) és a maximális elektronsűrűség  $Ne$  [ $10^{-4}$  elektron/cm<sup>3</sup>] (szaggatott vonal) területi átlagának menete az ionoszféra  $F_2$  rétegében 1968. október 25 – november 7. között; a) rész: a  $20^\circ S$  és a  $60^\circ N$  szélesség közé eső összes állomás adataiból számított területi átlagok menete, b) rész: a feltüntetett szélesség közközbe eső állomásokból számított területi átlagok menete;  $N$ ,  $N_1$  állomásszámok, amiből a déli határfrekvencia, ill. a max. elektronsűrűség területi átlagát számítottuk

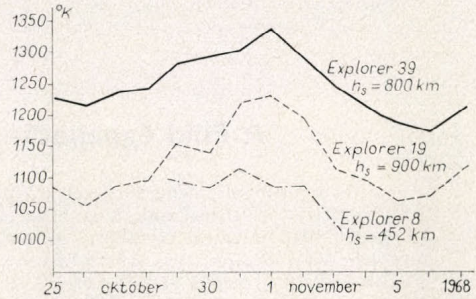
taiból határoztunk meg. A 2. ábra b) részében a geomágneses szélesség szerinti csoportosításban átlagolt maximális elektronsűrűségeket ábrázoltuk szaggatott vonallal. A nagyobb geomágneses szélességeken a csökkenés jobban észrevehető, és az alacsony értékek több napon át megmaradnak. A közepes szélességeken október 31. körül ez esetben is növekedés látszik. (A maximális elektronsűrűséget  $Ne$ -vel jelöltük, és mindenütt  $10^{-4}$  elektron/cm<sup>3</sup> egységekben adtuk meg.)

akkor helyette, napi átlagként, szóban forgó állomás több napi átlagából számított átlagot fogadtunk el. Az adatok pótlására az  $f_0F_2$  jelentős földrajzi szélességfüggése miatt volt szükség. Területi átlagot hiányos adatsorból azért nem számíthattunk, mert az alacsony földrajzi szélességen mért értékek 3 – 5-szörösei a sarkok közelében fekvő állomásokénak, így ezek hiánya az összes állomásra számított átlagértéket jelentősen csökkentette volna. Az adatok fenti módon történt pótlása következtében az ionoszféra átlagos állapotára jellemző maximális elektronsűrűségtől való eltérés mértéke a valóságostól eltérhet ugyan, de ellenkező irányú eltérés nem adódhat. Ezt követően naponként átlagoltuk az összes állomás napi átlagos maximális elektronsűrűségét. Menete a déli határfrekvenciáéhoz hasonló volt, ezért külön ábrázolását nem tartottuk fontosnak. Ez esetben is november 1–4. között alacsony értékek találhatóak, a minimum november 2-ára esik.

A 2. ábra a) részében szaggatott vonallal több állomás átlagos maximális elektronsűrűségét rajzoltuk fel. Itt az állomások egyenlőtlen területi eloszlását úgy korrigáltuk, hogy csak a  $20^\circ D$ -i és a  $60^\circ E$ -i szélesség közé eső állomások adataiból, számítottunk átlagot. Európát ekkor csak 2 értékkel vettük figyelembe, amelyeket a nyugat-európai, illetve a kelet-európai ionoszféra állomások adataiból határoztunk meg.

Hasonló vizsgálatot végeztünk a helyi 00<sup>h</sup>-i maximális elektronsűrűségek alapján is. Az egyes állomások éjjeli adataiból átlagolt értékek menete ugyanolyan, mint a déli  $\Delta f_0 F_2$  és a napi átlagos maximális elektronsűrűség, ezért

3. ábra: A napi átlagos exoszférikus hőmérséklet [K°] alakulása 1968. október 25 – november 7. között, a különböző magasságban levő műholdak alapján



ennek bemutatását mellőztük. A 00<sup>h</sup>-i értékekre adathiány miatt a szélesség-függést nem határozhattuk meg.

#### 4. Az exoszférikus hőmérséklet menete

Az előzőkből arra következtethetünk, hogy az  $F_2$  rétegben a geomágneses vihar idején a rekombináció megnövekedett. Ennek okát kutatva a hőmérsékleti viszonyokat kezdtük tanulmányozni. A 3. ábrán feltüntettük a 3 mesterséges hold sűrűségadataiból számított napi átlagos exoszférikus hőmérsékletet. (Az exoszférikus hőmérsékletet *L. G. Jacchia* saját modelljének felhasználásával határozta meg.) Az exoszférikus hőmérséklet ezen ábrán látható menetét összehasonlítva a 2 a) ábrán szaggatott vonallal jelölt napi átlagos maximális elektronsűrűséggel, kitűnik, hogy a maximális elektronsűrűség csökkenése együtt jár az exoszférikus hőmérséklet növekedésével. Az elektronsűrűséget az ionizáció és a rekombináció aránya határozza meg, és a rekombinációt elősegíti a hőmérséklet növekedése.

A fenti vizsgálatok azt mutatják, hogy az 1968. október 31. és november 2. közötti nagy geomágneses vihar idején a sűrűség megnövekedésével egyidőben az északi félteke nagy részén a déli, az éjjeli és a napi átlagos maximális elektronsűrűség az átlaghoz képest egyaránt jelentősen csökkent. Ez a tény a rekombináció megnövekedésére utal. A rekombináció mértékét befolyásoló egyik legfontosabb tényező a hőmérséklet, és ennek megnövekedése is kimutatható volt a vizsgált időszakban.

Az előzőkben tanulmányozott geomágneses vihar esetéből még nem nyerhetünk általános képet arról, hogy a légsűrűség és az elektronsűrűség milyen módon változik a zavart időszakokban. Ezért a jövőben több geomágneses vihar esetén is célszerű lenne ezt megvizsgálni.

#### IRODALOM

- [1] *Almár I., Illés E.* (1975): A felsőlégköri geomágneses effektus vizsgálata mesterséges holdak fékeződése alapján, Ionoszféra és magnetoszféra fizika III., *Astronautikai Közlemények*.
- [2] *Jacchia, L. G. and Slowey, J. W.* (1972): A Supplementary Catalog of Atmospheric Densities from Satellite-drag Analysis, *Smithson Astrophys. Obs. Spec. Rep. No. 348*.
- [3] *Jacchia, L. G. and Slowey, J. W.* (1975): A Catalog of Atmospheric Densities from the Drag on 5 Balloon Satellites, *Smithson. Astrophys. Obs. Spec. Rep. No. 368*.
- [4] *King-Hele, D. G.* (1964): *Theory of Satellite Orbits in an Atmosphere*, Butterworths, London
- [5] *Rawer, K.* (1957): *The Ionosphere*, Frederick Ungar Publishing co., New York, 1957.
- [6] *Roemer, M.* (1972): *Veröffentlichungen der Astr. Institute Bonn No. 85*.

# IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 81. évf. 4. szám. 1977. júl. – aug.  
*Journal of the Meteorological Service. Vol. 81 No 4 July – August 1977 Budapest*

## A Föld éghajlatának megváltozásáról

A Meteorológiai Világszervezet (WMO) Végrehajtó Bizottsága szakértőket kért fel a földi éghajlat változásainak, megváltozásának vizsgálatára. A szakértő bizottság szakmai jelentését 1976 júliusára készítette el, s azt a WMO Bulletin 1977. évi első száma teljes terjedelmében közölte. A szakértő bizottság tagjai *W. J. Gibbs*, Ausztrália (elnök); *E. M. Fournier d'Albe*, Anglia (UNESCO); *G. Rao*, USA (UNEP); *T. F. Malone*, USA (ICSU); *W. Baier*, Kanada (WMO CAgM); Prof. *H. Flohn*, NSZK (WMO CoSAMC); *J. Murray Mitchell, Jr.*, USA (WMO CAS); Prof. *B. Bolin*, Svédország (JOC/GARP) voltak. A szakmai jelentés teljes terjedelmű magyar fordítását az alábbiakban közöljük.

### *Múltbeli éghajlatok*

Az elmúlt kb. kétmillió évben az éghajlatnak számos glaciális (eljegesedési) és interglaciális (közbenső melegebb) korszaka volt. A kétmillió évben a glaciális korszakok közelítőleg 100 000 éves időszakonként ismétlődtek. Az elmúlt kb. 8000 év folyamán a Föld éghajlata ennek a jégkorszakciklusnak viszonylag meleg, interglaciális fázisában volt, amikor is a földfelszín (többségében Grönland és az Antarktisz) jégtakarója kisebb volt, mint az elmúlt 100 000 év során bármely időszakban. A közepes földrajzi szélességek ma 5-8 fokkal melegebbek, a tenger szintje pedig 80–100 m-rel magasabb, mint az olyan szélsőséges eljegesedés idején szokott lenni, amilyen például a kb. 18 000 évvel ezelőtti würmi glaciális maximum volt.

Amióta a Földön az utolsó eljegesedés véget ért, azaz kb. 8000–10 000 év óta, a globális éghajlat – a paleoklimatológiai jellemzők egész sorának tanúsága szerint – sokkal szűkebb határok között ingadozott. Az eljegesedési időszakot követő, ún. posztglaciális klímaváltozásokat részben a sarki jégnek és a hegyvidékek gleccsereinek elnyomulásai és visszahúzódásai jelezték, közelítőleg 2000–3000 éves időközönként. Ezek ismétlődését „neoglaciális ciklusnak” nevezzük. Az i. sz. 1550 és 1850 közötti „kis jégkorszak”, a neoglaciális ciklusnak egy része volt. Ebben az időszakban a hőmérséklet globális évi átlaga a mainál 1-2 fokkal alacsonyabb volt, az észak-atlanti térségben pedig fokozott ciklontevékenység lehetett.

A kis jégkorszak óta a légkör általában kb. egy fokkal melegebb, a melegebb menete azonban szabálytalan volt, s nem biztos, hogy a kis jégkorszak időszaka már teljesen lezárult. A melegebb különösen a 20. század első felében volt kifejezett, amikor is a hőmérséklet legerősebben az Arktisz atlanti térségében (50 év alatt több fokkal) emelkedett. Meteorológiai adatok bizonyítják, hogy az északi félgömb szélzónái és ciklonpályái ezalatt az Arktisz felé húzódtak, hasonló a klímaövezeteknek a téltől nyárra történő, pólus felé irányuló eltolódásához. A déli félgömbön az időjárási események kevésbé rekonstruálhatók.

A 20. század első felére jellemző éghajlati változás, általánosságban nézve úgy tűnik, ellentétes irányúvá vált, legalábbis az északi félgömbön. A hőmér-

séklet azóta különösen az Arktisz és a Szub-Arktisz térségében csökkent (néhány területen több fokkal). Ugyanitt a tengeri jég területe ismét növekszik. Az északi félgömbön a légköri cirkuláció kezd hasonlítani ahhoz, ami a 19. század utolsó részére volt jellemző. Ez a körülmény sok területen az időjárás nagyobb változékonyságában mutatkozik meg. Mindenesetre az említett változások az elmúlt néhány évben rendszertelenné váltak, sőt lehet, hogy valójában ismét megfordultak.

Ma még nem tisztázott, hogy az elmúlt évek során az Afrika Sahel-övezetében tapasztalt súlyos aszály a trópusok monszun-övének eltolódásai, és a világ más részein bekövetkezett extrém események – mint az éghajlat globálisan összefüggő és rendszeres ingadozásának a megnyilvánulásai – milyen mértékben kapcsolódnak egymáshoz. Bárhogyan is áll a helyzet, ezek az események azt a jelentős változékonyságot jelzik, amely a hónapokra, évekre és évtizedekre terjedő idő-skálákon az éghajlat jellemző vonása.

### *Az éghajlat ingadozásának fizikai okai*

A klímaingadozások okairól jelenlegi ismereteink kezdetlegesek. Ha az okokat keressük, igen sok fizikai folyamat jöhet számításba. A nehézséget az jelenti, hogy meg kell vizsgálnunk, vajon e mechanizmusok közül melyek a megalapozottak, továbbá minden egyes folyamatról külön-külön meg kell határozni, hogy milyen mértékben járul hozzá a megfigyelt ingadozások összességéhez. A teljes éghajlati rendszer gyakorlatilag kielégítő numerikus modelljeit még nem sikerült megalkotni – de kifejlesztésüket – a WMO állásfoglalás szükséges (bár nem feltétlenül elégséges) előfeltételnek tekinti az éghajlati ingadozások okainak megbízható becsléséhez. Kiderült, hogy ezen okok relatív fontossága, a vizsgált időskálával változik.

Az *éghajlati rendszer* egyaránt vonatkozik a légkörre, az óceánokra, a hó- és jégtömegekre, a különböző talajfelszínre és a vegetációra. Az utóbbiaknak számos komplex fizikai és kémiai kapcsolódása fontos tényező a globális éghajlati kép kialakításában.

Az éghajlat ingadozása és változékonysága eredhet egyrészt az éghajlati rendszeren belüli okokból. Sok olyan potenciális mechanizmus létezik, amely az időskálák széles tartományában a rendszer belső változékonyságát idézi elő. Ezek a mechanizmusok az éghajlati rendszer különböző részei között fennálló, nagymértékben nem lineáris kölcsönhatások (az ún. visszacsatolások) közvetlen következményei, de hatékonyá válnak amiatt is, hogy a rendszer különböző részeiben a reakcióidők nagyon különbözők.

Az éghajlat ingadozásai másrészt bekövetkezhetnek az éghajlati rendszeren kívüli hatásokra is. Jól ismert példák erre: a Nap sugárzásának lehetséges változásai (az ilyen változások tényleges mértéke nem ismert), a vulkánkitörésekből eredő részecskék mennyiségének változásai a felső légkörben, továbbá a szén-dioxid légköri felhalmozódása a fosszilis tüzelőanyagok elégetése következtében.

Az éghajlati rendszer változékonyságához – feltételezhetően szignifikánsan – hozzájáruló kölcsönhatásokra példa a hótakaró, a napsugárzás visszaverődése és a léghőmérséklet közötti kölcsönhatás. Ha a hőmérséklet – a hótakaró kialakulása szempontjából kedvezően – kismértékben csökken, a hóról nagyobb mértékben verődik vissza a napsugárzás, s emiatt helyileg csökken a Föld felszínének és a légkörnek átadott sugárzási hő. Emiatt tovább csökken a levegő hőmérséklete, ami segíti a hótakaró fennmaradását és esetleg nagyobb

tartományban kedvez járulékos havazások kialakulásának. Az eseményeknek ellentétes, de hasonló láncolata alakul ki, ha a hőmérséklet kismértékű emelkedésből indulunk ki. A végső hatás mindkét esetben az, hogy a kis éghajlati diszturbációk részben felerősödnek, részben pedig tartósan fennmaradnak.

Az éghajlat ingadozásának egyetlen mechanizmusa sem vizsgálható más létezhető mechanizmusoktól elszigetelten. Valamennyi mechanizmust együttesen, egységes, megfelelően általános fizikai keretbe foglalva kell tanulmányozni, s az éghajlatingadozások nagyon értelmes megismerésére csak ezt követőleg kerülhet sor. Ma még nincs kellő áttekintésünk az összes szóba jöhető mechanizmusról, de nem vagyunk biztosak abban sem, hogy mi alkothatja azt a megfelelően általános fizikai keretet, amely ezeket a mechanizmusokat egységbe foglalja. Ezek a hiányosságok felfednek valamit abból a problémából, amivel szembe találjuk magunkat, ha az éghajlati rendszer olyan numerikus modelljeit akarjuk kifejleszteni, amelyekről már joggal remélhetjük, hogy reprodukálják a rendszer lényeges viselkedését.

### *Az emberi tevékenység hatásai az éghajlatra*

Sok szakértő szerint az emberi tevékenység különböző módokon felelős lehet a most tapasztalható, vagy a jövőben bekövetkező éghajlatváltozásokért. A lokális skálán, így pl. az urbanizációs területeken, az éghajlatra gyakorolt emberi hatás kimutatható tény. A nagyvárosok relatíve melegebb volta, ami „városi hősziget-hatás” néven ismert, az ilyen lokális effektusoknak egyik jól dokumentált példája. Nagyobb földrajzi méretekben az emberi hatásokat pillanatnyilag általában kicsinynek véljük a természetes klíma-változékonyság nagyságrendjéhez képest. Mindazonáltal ezek a hatások potenciálisan nagy jelentőségűek lehetnek a nagy térségű éghajlat természetes fejlődésének a következő egy vagy két évszázadban feltételezhető megváltoztatása vonatkozásában.

A globális légkörben a szén-dioxid-tartalom megnövekedése — ami a világ-méretű megfigyelésekből máris világosan szembeszökő, és amely a 19. század utolsó részétől napjainkig legalább 10%-ot ért el, megbízhatóan visszavezethető a fosszilis tüzelőanyagok elégetésére. Amennyiben az ilyen tüzelőanyagok ismert tartalékainak a többségét az elkövetkező egy vagy két évszázad során felhasználják — s ez ma valószínűnek tűnik —, a légköri szén-dioxid-koncentráció feltételezhetően a mai szint többszörösére fog növekedni. Jelenlegi ismereteink szerint ilyen nagy szén-dioxid-növekedés a globális éghajlat szignifikáns — több fokos — melegedését idézné elő, de megalapozná azt a feltevést is, hogy az anyagszállítási mechanizmusok igen lassú irama következtében ez a melegedés, a fosszilis tüzelőanyag-tartalékok tulajdonképpeni kimerülése után, még sok évszázadon keresztül fennmaradhat. További éghajlati hatások, amelyeket ma még nehéz előre látni, szintén valószínűek.

A fosszilis vagy nukleáris energia előállítására és felhasználására következtében a környezetnek átadott hő ugyancsak jelentős melegedést idézhet elő, noha nem valószínű, hogy ez gondot okozna, ha csak a társadalmi energiaigény növekedése nem éri el vagy nem haladja meg a tízes faktort. Ez csak a legközelebbi évszázadban következhet be.

Az emberi tevékenység további hatásai — például azok, amelyek a légkör szemcsés anyagokkal történő növekvő szennyeződésének tulajdoníthatók, valamint azok, amelyek a nitrogén-oxidokkal vagy klórvegyületekkel (mint pl.

klór-fluor-metánokkal) történő szennyezés effektusain keresztül változásokat idéznek elő a felső légkörben, ma még viszonylag bizonytalan jelentőségűek a jövő éghajlata szempontjából. Ezek a kérdések további vizsgálatot kívánnak.

A lokális skála kivételével eddig nincs egybehangzó megfigyelési tény arra vonatkozóan, hogy bármiféle emberi hatás lett volna az eredete bárhol a világon tapasztalt szokatlan éghajlati folyamatoknak. Ez nem teljesen meglepő az éghajlat azon nagy természetes változékonyságának a tükrében, amely az emberi hatások felderítését megnehezíti. Mindazonáltal ilyen alapokon nincs semmiféle indokunk arra, hogy nyugalommal szemléljük azokat a potenciálisan komoly éghajlati hatásokat, amelyekkel az emberi tevékenység a jövőben járhat.

#### *A következő 100 – 200 év éghajlati fejleményeinek becslése*

Az elmúlt években az éghajlat matematikai modelljeinek és azoknak a fizikai folyamatoknak a kombinálásával, amelyekről feltételezzük, hogy a légkör és az óceánok általános folyamatait kormányozzák, rohamos fejlődés indult meg az éghajlat kvantitatív elméletében. Ennek a fejlődésnek köszönhetjük az éghajlati rendszer légköri részének ma már meglévő, meglehetősen reális modell-szimulációit. Azt azonban el kell ismernünk, hogy ezek a szimulációk még nem alkalmasak a klíma-változékonyság sok fontos jellegzetességének vizsgálatára, így többek között az éghajlat előrejelezhetőségének tanulmányozására sem.

Pillanatnyilag nagyon keveset tudunk mondani az éghajlati rendszer jövőbeli állapotaira irányuló előrejelzés lehetőségének határaitól. El kell fogadnunk, hogy a globális éghajlatnak esetleg elidegeníthetetlen tulajdonsága az, hogy jövőbeli fejlődése nem jelezhető előre kellő részletességgel, valamint azt, hogy a társadalom számos ilyen vonatkozású információs igénye kielégíthetetlen.

Addig a fókig, amíg a klíma változékonysága az éghajlati rendszeren belüli mechanizmusokból ered, a klímaváltozások előrejelzése – elképzeléseink szerint – az éghajlati rendszer olyan matematikai modelljeinek a kifejlesztésétől függ, amelyek geofizikai hatóköre és komplexitása messze meghaladja az éghajlati modellek jelenlegi változatait. Semmiféle más módon nem valószínű ugyanis, hogy sikerülne összehozni az éghajlati előrejelzés céljait szolgáló, megfelelően általános fizikai keretbe mindazokat a fizikai tényezőket, amelyek a klíma változékonyságáért együttesen felelősek.

Addig a további fókig, amíg a klíma változékonysága olyan változásokból ered, amelyek az éghajlati rendszert kívülről befolyásolják, mint pl. a napsugárzás lehetséges változásai vagy az emberi behatások, az éghajlat sikeres előrejelzése maguknak a változásoknak az előrejelezhetőségétől is függ.

Mindaddig, amíg a klímakutatás további előrehaladása során sem képes megteremteni a lehetőségeket az éghajlatnak fizikai okfejtésen alapuló előrejelzésére, a jövőbeli éghajlati fejlemények becslését a viszonylag alacsony információtartalmú statisztikai következtetésekre kell alapozni. Ezek a következtetések főként az olyan különböző alternatív fejlemények valószínűségének becslésére korlátozódnak, amelyeknek a lehetőségét a múltbeli tapasztalat nem zárja ki, vagy pedig amelyekre az emberi tevékenység jövőbeli hatásaiba történő bepillantás következtetni enged.

Az elmúlt idők klímáiról alkotott ismereteink azt sejtetik, hogy az eltelt mintegy 8000 év interglaciális enyhése végülis egy hűvösebb, inkább glaciális jellegű rezsimbe fog átváltani. Ilyen változás elkezdődhet néhány évezred vagy évszázad múlva, de az is elképzelhető, hogy a változás már el is kezdődött.

Valószínűnek látszik, hogy az átmenet elegendően fokozatos lesz ahhoz, hogy az elkövetkező 100 vagy 200 évben szinte észrevétlen maradjon az éghajlat mindenütt előforduló változékonysága közepette. Van azonban egy igen kicsiny, ám mégis véges valószínűsége annak is, hogy ugyanebben az időintervallumban az éghajlatnak sokkal gyorsabb hűlése következik be.

El kell ismerni, hogy ilyen becslés nem érvényes akkor, ha — miként azt ma valószínűnek ítéljük — a szén-dioxid légkörbe táplálódása, továbbá az emberi tevékenység más effektusai az elkövetkező 200 esztendő során a globális éghajlat általános melegedését segítik elő. Ez a melegedés az arktikus tartományokban feltételezhetően az úszó tengerjég jelentős csökkenését idézné elő. E helyütt meg kell jegyeznünk, hogy amikor a tengerjég az ún. klíma-optimum idején — kb. 5000 évvel ezelőtt — visszahúzódott, az éghajlati öveknek az alacsonyabb földrajzi szélességek irányában történt jelentős eltolódása következett be. Elképzelhető, hogy az általános melegedés az arktikus tengerjég teljes eltűnésében tetőződhet, ami olyan szélsőséges helyzetet jelentene, amire az elmúlt évmilliók során hihetőleg nem volt példa.

#### *A klíma változékonyságának hatásai a környezetre és az emberi tevékenységre*

A bioszféra, valamint számos emberi tevékenység, mint pl. a talajfelhasználás, a mezőgazdaság és az energiafogyasztás, érzékeny az időjárásra és az éghajlatra, az érzékenység mértéke pedig a Föld különböző éghajlati öveiben más és más. Ez az érzékenység a világ számos részén a népesség gyorsan növekvő szükségleteivel és követelményeivel együtt, egyre fontosabbá válik.

A modern ember által kifejlesztett jelenlegi ökoszisztémák, valamint a komplex, egymástól kölcsönösen függő rendszerek többsége igen jól alkalmazkodik az elmúlt idők éghajlatához, éppen ezért meglehetősen érzékeny a klíma változásaira. Példának okáért azokat a rendszereket, amelyeket jelenleg alkalmazunk az élelmiszer és a rostanyagok előállításához, az átlagos éghajlati feltételek dolgozták ki, s az éghajlatnak már szerény megváltozása is komoly szociális és gazdasági visszahatásokkal járna. A Földnek nem több, mint egy fokos hűlése a közepes és magas földrajzi szélességeken rövidebb tenyészidőszakot, továbbá a fő gabonatermő területek határainak az eltolódását, a halászatnak és a fakitermelésnek pedig a csökkenését okozhatja; ugyanakkor az alacsonyabb földrajzi szélességeken ilyen változás még hasznos is lehet. Hasonlóképpen, a magasabb globális hőmérséklet bizonyos földrajzi szélességeken jobb termést, másokon csökkent hozamot okozhat.

A különböző tanulmányok arra is rávilágítottak, hogy az éghajlatnak a múltban tapasztaltnál nagyobb változásai akkor is szignifikánsan befolyásolhatják ezeket az ökoszisztémákat és rendszereket, ha egyébként éghajlati eltolódás nem következik be. Ezért a jövőbeli időjárás-érzékeny tevékenység tervezésénél a klíma-változékonyság reális intervallumát kellő súllyal kell figyelembe venni.

A múltbeli éghajlati információkat ezért óvatosan kell felhasználni, és ki kell dolgozni felhasználásuk megfelelő módszerét arra, hogy alkalmasak legyenek a klímaváltozékonyság lehetséges változásainak levezetésére.

Mindaddig, amíg a klíma változékonysága és annak menete nem jelezhető előre, az olyan emberi tevékenységek tervezéséhez, mint a talajfelhasználás, a mezőgazdaság és az energiaigények, a múltbeli éghajlati információk és reális feltételezések alapján kell megfelelő módszert kifejleszteni. A tervezési metodika kifejlesztésének első lépése a múltbeli éghajlati adatokból kidolgozott alkal-

mas modellek alapján annak a megállapítása, hogy egy meghatározott tevékenység milyen érzékeny a különböző éghajlati paraméterekre. A következő lépés a modellek alkalmazásával a klíma-változékonyság hatásaira vonatkozó következtetések levonása. A modellek alkalmazása során a számításokat a várt változások különböző időskáláira kell végrehajtani. Például, ésszerű lenne az éghajlati paraméterek évszakos és évi változékonyságára vonatkozó reális feltételezések alapján az élelmiszertermelésre kifejtett hatás meghatározása a Föld különböző részein. Hosszútávon hasonló becslést kellene megkísérelni a fontosabb klíma-paramétereknek egytől három évtizedig terjedő trendjeire tett reális feltételezések alapján.

Azt az információt, amely arra vonatkozik, hogy miképpen hat a klíma változékonysága az emberi tevékenységre, a döntéshozatal folyamatában fel kell használni. A kidolgozandó metodikának ezért olyannak kell lennie, hogy lehetővé tegye a klímaváltozékonyság hatásának termelési mutatókkal, költségekkel, vagy más hasonló mértékegységekkel történő kifejezését, olyan módon, hogy ezeket a közgazdászok, tervezők és politikusok közvetlenül felhasználhassák.

### *Jövöbeli tennivalók*

A jelenlegi ismeretek alapján figyelemmel kísérendők azok a természeti és antropogén folyamatok, amelyek az éghajlat változékonyságát okozzák: létfontosságú, különösen a lehetséges kockázatok időben történő becslése érdekében. Ilyen figyelőszolgálatot fejthetnek ki jelenleg a „Global Environmental Monitoring System” (GEMS)-program keretében. A megfigyelendő paraméterek közül a következők említendőek:

- a) szén-dioxid-koncentráció,
- b) a vulkanikus eredetű aeroszol részecskék természete és terjedőképessége a sztratoszférában, különösen a sarki térségekben,
- c) a nyomgázok (pl. nitrogén-oxid, kén-dioxid, szénhidrogének halogén származékai) és az alsó-troposzférikus aeroszolak,
- d) a hó és a jég kiterjedése és albedója a földfelszínen,
- e) a felszíni albedóban bekövetkező változások mind a talajon, mind pedig a tengeren, különös tekintettel a talajfelhasználás területi eloszlására, a vegetáció változásaira, a szennyeződésre és az óceánok biológiai termelékenységére.

Különös hangsúlyt kell helyezni az extraterresztrikus napsugárzás lehetséges kis változásainak megfigyelésére, főleg a látható és a közel-ultraibolya tartományban.

Kutatások végzendők az éghajlati rendszeren belüli interaktív folyamatok (mint pl. a sugárzás, a felhők és az aeroszolak közötti; a tengerjég, az óceán és a légkör közötti; a tengerfelszín hőmérsékletének anomáliái; a latens és érzékelhető hő fluxusai; valamint a légköri és tengeráramlások közötti kölcsönhatások; továbbá a légkör, az óceánok és a bioszféra közötti szén-dioxid-csere) jobb megértése érdekében elsősorban azért, hogy lehetővé váljék a numerikus modellekben az alkalmas parametrizálási technikák kifejlesztése.

Az éghajlat előrejelzésének alapját képező explicit háromdimenziós, időfüggő csatolt légkör-óceán-jég modellek kifejlesztésének különösen magas prioritás adandó. A légkör és az óceánok dinamikáját parametrizáló egyszerűbb modellek hasonlóképpen fontosak, különösen az ember által előidézett folyamatok lehetséges hatásainak vizsgálatára számára.

Ugyancsak további kutatást igényel az emberi tevékenységnek az éghajlat változékonyságával és változásával fennálló kapcsolata. Különösképpen indokolt ez az igény, ha a növekvő mezőgazdasági termelés kívánalmait, valamint az energiafelhasználásnak a lokális, regionális és globális éghajlati viszonyokra gyakorolt hatását tekintjük.

A numerikus éghajlati modellek realitási fokának megítélésére, valamint a statisztikai-szinoptikai kutatások ellenőrzésének alapjául olyan mennyiségileg jól kifejezhető „helyettes” *adatokra* van szükség, amelyek segítségével megvilágítható az éghajlatnak a műszeres megfigyelések kezdete előtti története. Ezek közé tartoznak — többek között — a fák évgyűrű-adatai, a tőzegtelepek rétegeiből vagy a tavi üledékekből származó pollenszemcsékre vonatkozó adatok, azoknak a fúrásoknak eredményei, amelyek a jég és az üledékes kőzetek évenkénti rétegződésére vetnek fényt, az időjárási naplók, a gabonaárak, s.i.t. A rendelkezésre álló műszeres idősorokat ki kell értékelni, homogenitásukat ellenőrizni, s adatbankokban összegyűjteni; ennek során előnyben kell részesíteni azokat a megfigyeléseket, amelyeket a meteorológiai szolgálatok megalapítása előtt nyertek. Az ilyen adatoknak nemcsak a hőmérsékletet kell tartalmazniuk, hanem a szélirány-gyakoriságokat, valamint a csapadék mennyiségét és gyakoriságát is (lehetőleg  $10^4 - 10^5$  km<sup>2</sup>-es nagyságrendű, éghajlatilag homogén területekre átlagolva). Ugyancsak prioritást kell adni az olyan tengeri meteorológiai és oceanográfiai adatsorozatoknak is, amelyek  $10^5$  km<sup>2</sup>-t nem meghaladó területekre érvényesek, továbbá előnyben kell részesíteni a tengerjégre, valamint a folyók vagy tavak befagyására és fölengedésére vonatkozó adatokat.

---

FRANCO VERNIANI (szerk.): *Structure and Dynamics of the Upper Atmosphere (A felső légkör szerkezete és mozgásai)*. Developments in Atmospheric Science, I. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam – Oxford – New York, 1974. 535 A 4 oldal, 339 ábra, 40 táblázat.

Ez a könyv az 1971. június 13–27. között Erice-ben (Olaszország) tartott második „nyári iskola” előadásait tartalmazza. A szerkesztő, aki a bolognai Olasz Nemzeti Kutató Tanács Légkörfizikai Intézetének igazgatója, nehéz munkát végzett, amikor a fenti könyvcímnek ugyan teljesen megfelelő, de a téma széles területe miatt nagyon is szétágazó tartalmú előadásokat valamilyen sorrendbe szedte. Észrevehető az a törekvése, hogy az ismertetéseket „magassági” sorrendben tárja elénk, ezt a szándékát azonban csak részben lehetett megvalósítani.

A „nyári iskolán” résztvevő 17 állam 52 képviselője közül 16-an tartottak egy-egy előadást, időtartamuk összesen 50 órát igényelt.

Giorgio Fiocco, az Európai Űrkutatási Intézet tagja és a firenzei egyetem tanára bevezető előadásában hangsúlyozta, hogy a légkör kutatására óriási összegeket áldoz a világ. Az észleléseket kiterjesztették – a mesterséges holdak segítségével – az egész Földre, a tengerekre éppen úgy, mint a szárazföldekre. Nemcsak a felhőzetet, a viharokat, hanem a hőmérsékletet és még számos más meteorológiai adatot is mérnek a talajon is és több száz km magasságig is. Maxis kimutatták pl. a CO<sub>2</sub> elfordulását a magasban és hatását a hőmérséklet változásában a légkörben. A már alig feldolgozható mennyiségű és sok költséget felemésztő meteorológiai adatanyag arra kötelezi a légkör kutatóit, hogy minél hamarabb és mind hatásosabban használják fel adataikat gyakorlati célokra, így pl. az előrejelzések pontosabbá tételére.

Kevés alkalommal olvashatunk olyan cikket, amely a kétféle, egy oxigén és egy oxigén-hidrogén légköri modell felhasználásával a légkörben, pontosabban a felső sztratoszférában és az alacsony mezoszférában, a már eddig végzett ballonos és rakétás kísérletek eredményeit figyelembe véve, a *fotokémiai reakciókat* világítja meg előttünk. Itt 36 féle reakciót ismerhetünk meg, az ebben a rétegben még tevékeny ibolyántúli sugárzás hatása alatt. Érdekes itt pl. a Déli- és Északi félgömbön, valamint a téli és nyári évszakok idejére bemutatott ózonsűrűség-változás földrajzi szélességek szerinti eloszlása. Az adatokat a kísérleti eredmények figyelembevételével, elméleti úton állították össze táblázatokba.

Nem csekélyebb jelentőségű a légkör árapály jelenségeinek tárgyalása sem, amelyben az előadó nemcsak a Nap és a Hold tömegvonzó erejét, hanem a Nap változó elektromágneses sugárzásából (ezen belül nyilván a hősugárzásból is) eredő ingadozásokat, valamint e sugárzások elnyelődését is számításba veszi. Jelentős történelmi visszatekintés után tér rá a függőleges irányú légmozgásokból eredő és még 150 km magasan is észlelhető árapály jelenségekre.

A Meteorológiai Rakéta Hálózat mérései szerint a sztratoszféra hőmérsékletében szélső értéként 15°C-os, ugyanitt a légmozgásokban 300 m/s sebesség ingadozásokat is észleltek. Bő ismertetést találunk a fenti adatok földrajzi eloszlásáról, továbbá a sztratoszférikus árapály okozta *jetekről* is. A jetek által megmozgatott légtömegek nagyságrendje meghaladhatja 10<sup>6</sup> kg·s<sup>-1</sup>-et is.

Terjedelmes ismertetést találunk a talajtól számított kb. 200 km magasságig az elektromosan töltött részecskék elektromossá tételének módjáról, mozgásaikról, ütközéseikről, sűrűségük földrajzi eloszlásáról, töltésük elvesztésének okairól és mindezek napi- és egyévi meneteiről is. A földfelülettel párhuzamos- és erre merőleges irányban folyó áramok és a hasonló irányokban mozgó elektromos terek befolyásolják a légtér semleges részének állapotát is.

A NASA felső légköri méréseinek technikájáról és a mérések eredményeiről a negyedik cikkből értesülhetünk. Itt találhatjuk pl. a légkör hőmérsékleti eloszlását 30 és 300 km-es magasságok között, a Föld teljes felülete fölött, a különböző évszakokban. Ugyanitt ismerhetjük meg a széles sávú infravörös sugárzást mérő műszerekkel végzett hőmérsékleti (és ózon-) adatokat is. A mezopauza közepes hőmérséklete nyáron 180 K°, télen 200 K°. A trópusi övezet felett, a feláramlás miatt, gyakoriak a változások ebben a szférában is. Találtak az átlagos függőleges hőmérsékleti menettől eltérően, a sarkvidék fölött, a sztratopauza hőmérsékletében 40°C változást is, a mezopauza hőmérsékletében pedig mértek ennek kétszeresére növekedett ingadozásokat is.

A hőmérséklet változásai által okozott légköri árapály jelenségek megfigyelésére nagy gondot fordítottak. Ilyen mérések igen nagy pontosságot (és ennek megfelelő műszerezettséget) kívánnak. A mérések módját és a műszereket is ismertetik. Arra az eredményre jutottak, hogy az ár-apály

változások az eddig is jól ismert okokon kívül a napsugárzás erősségétől, a troposzférában (a magasban mért pont alatti területen) lévő vízgőz mennyiségétől és a sztratoszférában fellelhető ózon sűrűségétől is függenek. A sok mérési adat már periodikusan visszatérő időszakokat is jelzett.

Hasonlóan érdekes a világító felhők (ezüst-felhők) magasságának (78–90 km között találhatók), előfordulási időszakaszainak (4-6 hetes időtartam a napfordulót követően) és anyagának megállapítása is. Nem a legalacsonyabb hőmérséklet esetén fordulnak elő a leggyakrabban, hanem akkor, ha a mezopauza hőmérséklete már 150 K°-nál hűvösebb lett. Vízpárából keletkeznek, képződésükhöz magokat bőven szállítanak a meteoritok. A vízpára ekkora magasságba történő feljutását a légkör meridionális széljárásával magyarázzák (jól szemléltető ábrával).

A sztratoszféra egész Földre kiterjedő rétegének hőmérsékleti eloszlását, ugyanígy az ózon-sűrűség-vizonyokat, táblázatokból és ábrákból ismerhetjük meg. Az ózon sűrűségének az egyenlítő felé történő esőkenése feltűnően látszik az ábrákon, amelyek egy része az ózon éjszakai méréseinek eredményeit is bemutatja.

Feltűnő, hogy az atomos oxigén sűrűségének vizsgálatánál a 90–100 km közötti magasságban találták a maximumot. A szemléltető görbe fölfelé lassú, lefelé gyors sűrűségecsökkenést mutat.

Az ibolyántúli sugárzást is vizsgálták, abból a célból, hogyan függ össze erőssége az eddig is ismert különböző jelenségekkel. Most azonban pontosabb mérőeszközöket használtak, amellet nagy magasságban, holdakon is végeztek méréseket. Igen jó a korreláció *némely hullámhosszon* a Nap tengely körüli forgásával (a tevékeny területek forgás közbeni visszatérése . . .), a 10,7 cm-es napzörejrel (napfluxussal). Külön kiemelkedő értékeket mértek a flérek kitörése alkalmával. Ugyanakkor nem találtak összefüggést a földmágneses összetevők változásaival. Ez utóbbiak ugyanis, ha lassú menetűek, úgy a Föld belsejéből erednek, ha gyors a változásuk, akkor pedig a megerősödő napszél hatását észleljük. Ez utóbbi esetben azonban a napszél részecskéinek először a magnetoszférába, ott az övekbe kell bejutniuk, majd innen kirobbanva okoznak a légkörben akkora áramokat, hogy földmágneses háborgásokat idézzenek elő. Ez a kirobbanás egyelőre előre pontosan nem ismert időben történik, így az összefüggések – ha vannak is – nehezen állapíthatók meg.

Lengyel barátaink is szerepeltek ezen a nyári iskolán a Keleti tenger partjáról fellőtt 181 meteorológiai rakétájukkal mért eredményeikkel. Beszámoltak a 30–60 km magasban mért szélirány és szélesség méréseikről, amelyeket összhangba hozhattak a trópusi eredetű, másutt mért meridionális szélrendszerrel. Azt is állítják, hogy a mezoszféra szerkezete legfeljebb <400 km átmérőjű területen belül mutat közel álló szél-, nyomás- és hőmérséklet-adatokat.

A további cikkeken beszámolnak a szerzők a nappali égbolt fényének spektrofotométerrel mért adatairól, valamint a lézer-radarral mért aeroszol- és molekulasűrűségről, illetve az utóbbiak mozgásairól; e mozgásokat a visszavert sugár segítségével mérték. Igen részletesen írják le ennek a még eléggé új műszernek a szerkezetét és működését is.

Ezután már olyan cikkeket következtetnek, amelyekben főleg a légkör elektromos tulajdonságai kerülnek előtérbe. Így pl. a breisachi kb. 15 évi ionoszféra-mérések feldolgozása után már pontosabb értesüléseket kaphatunk a rádióhullámok éjszakai elnyelődéséről, amelyet részben az E- és az F1-réteg éjszakai összeolvadásának, illetve részbeni fennmaradásának, vagy éppen képződésének tulajdonítanak.

A D- és az E-réteg magassági, sűrűségi adatait és abszorpciós tulajdonságait igen részletesen, sok ábrával és táblázattal tarkítva tárja elénk a 8. cikk. Vele együtt ismerteti természetesen a kapcsolódó földmágnességi és naptevékenységi adatokat is, valamint az évszakok változásaiból eredő ingadozásokat. Ezekből, valamint a normális E-rétegről szóló tanulmányból ugyan sok új eredményt, gondolatot, okot ismerhetünk meg, de az egész leírást és az ábrákat nézve sajnálatosnak látszik, hogy a régebbi, hazai adatok hasonló tárgyalása csak olykor-olykor és (egy kivételével) csupán magyarul jelenhetett meg. A kerekén 90 oldalnyi leírás nagy részét magyar adatokkal ugyanúgy megtölthetnék, mint azt az ismert nyugati szerzők tették.

Ezután a D-réteg sűrűségi és hőmérsékleti adatai következnek, amelyeket keresztmodulációs technikával észleltek. Ezt itthon már nem végezhetjük volna el, hiszen 200–500 kW-os adóberendezések és sok más eszköz, műszer szükséges hozzá. E kísérletek végső eredménye szerint az elektronok ütközési frekvenciája a D-rétegben (bármilyen más részecskével) 35–95 km között  $5 \cdot 10^8 - 10^9$  között változik, majdnem teljesen egyenletes menettel.

A „meteorológia” már elavult értelmezése („csak addig a magasságig meteorológia a légkör vizsgálata, ameddig az aerológiai ballon emelkedik . . .”) szerint is érdekes lehet a közepes szélességeken előforduló szporadikus E-rétegről (amely a normális E-rétegben, vagy alatta mozog) szóló cikk közleménye. Ez a különös réteg a Föld felületével párhuzamos, görbült síkban elérheti az 1000 km-es terjedelmet is, általában 200–300 km átmérőjű. Sűrűsége igen változó a térben és időben. Az eddigi ionoszféra adatokból nem lehet gyakoriságának napi, évi, kétévi vagy másféle időszakos valószínűségét, sőt a naptevékenységgel való kapcsolatát sem meghatározni. Az ilyen ionfelhők keletkezését (elsősorban Japánban) a troposzférából és a sztratoszférából fölfelé irányuló energiából eredő szél, és a fenn már meglévő szélrendszer nyíródásával magyarázzák,

de csak a közepes szélességeken. Ezek az ionfelhők nagy sebességgel mozognak (100–200 km/óra), mozgási irányuk részben a troposféra hidegfrontjainak mozgási iránya, részben a földmágneses vízszintes összetevő azonos értékű földi pontjait összekötő vonalak (izodinam görbék) irányával egyezik. A „meteorológiai” eredet főként a japán észlelésekből adódik, ahol a nagy szárazföld (Ázsia) és a nagy területű tenger (a Csendes-óceán) különböző levegője is találkozik. A szporadikus E-réteg valószínűleg hullámos alakú, vagy a sűrűsége változik a vízszintes síkban, éppen a szél-nyíródás miatt.

A légkörbe jutó meteoritok nagy sebességük miatt izzásba jönnek, fényükkel ionizálják pályájuk mentén a magas légkör néhány tíz km hosszú, de eléggé kis átmérőjű csatornáját. A sok meteorit azonban szélesíti ezt a csatornát és a minden más jelenségtől független ionizációs csatornák a hőmérsékletük miatt még tágulnak is (ugyanakkor csökken bennük az ionizált részecskék sűrűsége). Több-kevesebb ideig azonban az ionizált légerszintre visszaveri még a 100 MHz-nél is magasabb frekvenciájú rádióhullámokat is, amelyeket már a kisugárzásnál is jól lehet nyalábolni és a vételnél a visszaverődő hullámok irányát is pontosan meg lehet állapítani. Ezért a *semleges szél* által tovaszállított ionizációs csatorna mozgása és így vele együtt a semleges szél iránya és sebessége is mérhető. Így állapították meg a 100 km körüli magasságban uralkodó széljárását, amelyet befolyásolnak a légkör árapály jelenségei, rövid periódusú gravitációs hullámai és az abban a magasságban is előforduló turbulencia. A könyvben részletesen leírt fenti módon történt rengeteg mérés eredményéről röviden annyit, hogy az Északi félgömbön a kelet-nyugati irányú komponens a nagyobb sebességű (olykor a 40 m/s-ot is meghaladja), ugyanakkor a Déli félgömbön a fenti irányban alig éri el a 20 m/s-ot. Az észak-déli összetevő mind a két félgömbön alatta marad a 20 m/s-nak. A 12 évi mérési sorozatból már az évszakos menet is kimutatható. Eszerint mindenféle iránynak és egyben sebességnek is az őszi hónapokban van a minimuma. Az újabb mérési módszerekkel és eszközökkel már a rövid periódusú változásokat és az energiákat is mérni kívánják.

Részletes tárgyalásban ismerhetjük meg a termoszféra részecskéit, függélyes mozgásaikat, fotodisszocióját. Bő teret kap itt is a tömegspektrométer és a fenti célokra használt többi műszer ismertetése. Ezeket a műszereket a Föld körül különböző magasságokban keringő mesterséges holdakra szerelik. Eredményül kaptak pl. a termoszféra gázösszetételét alkotó részecskék sűrűségét. Néhány adat: 150 km magasan a  $N_2$ :  $26 - 33 \cdot 10^9 \text{ cm}^{-3}$ ; az  $O_2$ :  $14 - 23 \cdot 10^9 \text{ cm}^{-3}$ , míg az Ar csupán:  $0,04 - 0,18 \cdot 10^9 \text{ cm}^{-3}$  sűrűséggel jelentkezik. Érdekes, hogy 70 és 120 km-es magasság között találtak  $H_2O$ , NO és természetesen még  $O_3$  molekulákat is, de már, a modern idők okozta új jövevényt és a jövőre is gondoló tudósok aggodalmát is igazoló  $-CO_2$  őt is! Magasabban (400 km körül) He és H atomokat is kimutatott a tömegspektrométer.

A legfelsőbb ionoszféra régió, az F-régió vizsgálatára sokféle mód áll rendelkezésre. Közöttük a nálunk is művelt vizsgálati eljárás (a folyamatosan emelkedő frekvenciájú rádió-impulzusjelek fölfelé sugárzása és a visszavert jelek vétele) áll ma is az első helyen. (Ebbe a cikkbe mi is betehetünk volna jó néhány oldalt.) Ismeretesekek, és itt is tárgyalják az ionoszféra-viharokat, a napfogyatkozási jelenségek okozta rétegváltozásokat (réteg-, „dőléseket”). Ez az F-régiót tárgyaló cikk ismerteti a plazmát mozgató erőket, a diffúziót az egyes rétegek között fel- és lefelé, a földmágneses hatásokat és a függőleges drift által okozott egyéb ionoszféra jelenségeket. A világméretű mérési sorozatok szerint odafenn a szélirány inkább délies irányú, a töltött részecskék sebessége pedig 200–400 m/s között ingadozik.

Foglalkozik a könyv a közepes szélességeken előforduló ionoszférikus szabálytalanságokkal is, így pl. az öbolszerű (baylike) zavarokkal, amelyek a napi menetekben is jelentkeznek, s amelyeket az alsóbb rétegekből eredő függőleges semleges és töltött részecskékből álló légáramlások is okozhatnak. Ilyen szabálytalanság pl. a rádióhullámok nagyobb mértékű elnyelődése az Északi félgömb közepes szélességein télen, mint más évszakokban, vagy más földrajzi helyen. Az erről szóló cikk szerzője szerint ilyen hatásokat előidézhethet az alsó és felső Van Allen övekből a D-rétegbe hulló (inkább lerobbanó . . .) elektrontömeg is, amely más hatással jelentkezik a mágnesesen nyugodt napok, mint a mágneses viharok idején. A mesterséges holdakkal a 40 keV energiájú elektronok ilyen jellegű mozgását vizsgálták. Kitént, hogy ezek az elektronok a legűrűbben az  $50^\circ - 80^\circ$ -os földmágneses szélességeken érkeznek ilyen „alacsony”-ra a D-rétegbe. Bár a szerző szerint ez az elektronok által okozott ionizáció kisebb mértékű a D-rétegben, mint a napsugárzás okozta legnagyobb ionizáció a legmagasabb napállásnál (nyugodt Nap esetén), hatása mégis észrevehető a rádióhullámok közvetítése alkalmával is. Más a helyzet pl. egy flér kirobbanása idején, amikor pl.  $10^9 \text{ cm}^{-2} \text{ sec}^{-1}$  elektronfluxust is mértek. Egy ilyen eset azonban már világméretű rádiózavart okoz és a talajon SID-ek alakjában könnyen regisztrálható.

A cikkek sorát az ionoszféra éjszakai fennmaradásának okát elemző írás zárja. Az F-régió fennmaradása még könnyen magyarázható a magasban lévő nagy (km-es) szabad úthosszal és ezért a rekombináció kisebb lehetőségével. Ám az alacsonyabban, egy éjszakai fennmaradó, kb. 140 km magasan elhelyezkedő réteg létezésének magyarázata még eléggé hiányos. A cikkíró arra gondol, hogy ezt az éjszakai réteget is az övekből (folyamatosan) kiáramló elektronok és protonok okozzák, de nem veti el azt a gondolatot sem, hogy a napszélből eredő részecskék tartják

életben az éjszakai réteget. Ennek a rétegnek a kutatása a középhullámú rádiózás miatt központi témává vált. Ez ebben a hullámsávban megjelenő megawattos adóállomások interferenciái miatt lassan már csak a helyi adóállomások vétele lehetséges zavarok nélkül. Amíg az „éjszakai E-réteg” okát és tulajdonságait alaposan meg nem ismerjük, nem lehet pl. egy használható európai rádióhálózatot kialakítani.

A fentebb említett, s a napszél által okozott, valószínűleg közvetett módon történő ionizáció részben elfogadható ok, mert összefüggés található az éjszakai jó hullámterjedés és a naptevékenység, továbbá a földmágneses jelenségek között.

A fentiekben ismertetett könyv még azoknak is sok újat mond, akik inkább a felső légkörrel foglalkoznak. Még érdekesebb lehet tehát olyan olvasók számára, akiknek az egész felső légkör még újdonságnak számít.

Flórián Endre – Tardos Béla

PALTRIDGE, G. W. – PLATT, C.M.R.: *Radiative Processes in Meteorology and Climatology (Sugárzási folyamatok a meteorológiában és klímológiában)*. Developments in Atmospheric Science, 5. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam – Oxford – New York, 1976.

Bevezetésül szó szerint idézem a könyv igen rövid előszavát, hogy az ausztrál szerzők indítékainak és céljainak ismeretében legyen értékelhető a könyv. „A légköri sugárzástan eléggé régi tudományterület, amely az éghajlat általános vizsgálatának alapját képezi, és amelynek szerepe van az egyes időjárási folyamatok alakulásában is. Sajnos, a tárgy modern irodalma sajátos miszticizmust fejlesztett ki, és a nem szakemberek számára nehezen érthető. Kondratyev kiváló könyveitől eltekintve jelentős szakadékok vannak az általános meteorológia számos könyvében a sugárzásról szóló egyetlen fejezet, valamint Goody-nak és Chandrasekhar-nak a sugárzásátvitelt tárgyaló elegáns elméleti fejtegetései között. Ez a szakadék éppen a gyakorló légkörfizikusok és meteorológusok szintjén mutatkozik, akik a sugárzási folyamatokat kívánják figyelembe venni modelljeikben. Ez a könyv erre a célra készült. Inkább fizikusoknak, mint matematikusoknak szól.”

A tömör előszó világosan tudtul adja a szerzők célját: nem tankönyvet írnak, hanem a gyakorlati légkörfizikai és meteorológiai munka során kívánják segítséget nyújtani. Az általános meteorológiai könyvek „egyfejezetes sugárzástan” és a logikailag teljes elméleti tárgyalásmód közé helyezik könyvüket, ahova Kondratyev könyveit is sorolják, ennek ellenére nem szólnak saját könyvük és Kondratyev könyvei közti különbségről. Az előszó utolsó mondatát nyilván úgy kell értelmezni, hogy a könyv a légkörfizikusoknak és meteorológusoknak fizikai szemléletű segítséget kíván adni, és nem részletezi a felmerülő problémák matematikai megoldásának módjait. Külön kiemelném, hogy a modellezéshez kívánják segítséget nyújtani a szerzők, ez a jelenlegi komplexebb tudományos szemlélet követelményeinek felel meg.

A könyv 10 fejezetből és bizonyos alapismereteket, adatokat tartalmazó függelékkel áll.

Az első fejezet címe: A globális kép. Ezt tartom a könyv legsikerültebb fejezetének: a modell-szemléletnek megfelelően leírja a fő éghajlati tényezőzők és a sugárzási méreg összetevőinek kapcsolatát, szélesség szerinti eloszlását, mintegy „exponálja” a sugárzás szerepét az éghajlat modellezésében, érinti a fő nehézségeket okozó ismeretlen tényezőzők szerepét is (óceánok hatása).

A második fejezet a fogalmakat, alaptörvényeket és a standard műszereket ismerteti. A szerzők felhívják a figyelmet arra, hogy az egyes fogalmaknak több neve is szerepel az irodalomban. Az általuk használt elnevezérendszer eléggé szokatlannak tűnik.

A harmadik fejezet címe: A Nap. Itt a napállandó, a Nap helyzetének és a légkör felső határára érkező globálsugárzásnak a tárgyalása szerepel.

A negyedik fejezet a sugárzásátvitel címet viseli. Itt felírják az átviteli egyenletet, szólnak a klasszikus közelítő analitikus megoldási módszerekről, a Mie-szórásról és a számítógépes numerikus megoldás lehetőségeiről.

Az ötödik fejezet a napsugárzás a légkörben témakört öleli fel. A derült időbeni gázabszorpció, a felhők hatása, a folyadékvíz abszorpciója és a Rayleigh-szórás került itt egymás mellé.

A hatodik fejezet címe: Sugárzás a talajon. Itt történik említés a direkt sugárzás intenzitásának változását okozó légköri összetevőkről, a derült égboltról érkező diffúz sugárzásról, a ferde felületekre jutó napsugárzásról, a felszín sugárzási tulajdonságairól (albedó és emisszióképesség), valamint a felszín sugárzási egyenlegét leíró empirikus formulákról – és ez külön érdem – szó esik az óceáni sugárzásforgalomról is.

A hetedik fejezet: Hosszúhullámú sugárzás átvitele tiszta légkörben. Itt a tiszta jelző felhős és részecske mentes légkört jelent. A fejezetben megtaláljuk a légköri sugárzástan második világháború utáni fejlődésének első két évtizedében elért kiemelkedő elméleti ismeretanyagot. Ez is igen jó fejezet.

A nyolcadik fejezet: Felhők és hosszúhullámú átvitel. A tiszta légkör hosszúhullámú sugárzásátvitelének problémáit megoldva ez lett az egyik kiemelkedő kutatási terület, de az eredmények még nem elégségesek egy zárt tárgyalásmódhoz. A fejezet jól tájékoztat a kérdés megválaszolásának állásáról. Sugárzási könyvekben korábban ilyen fejezet nem szokott szerepelni.

A kilencedik fejezet: Légköri aeroszolk. Itt esik szó a homályossági együttthatókról, az extinkció méréséről. Érinti az aeroszol hosszúhullámú sugárzásban játszott szerepét. Az aeroszolk napsugárzás elnyeléséről és az ezáltal okozott légköri melegedésről csak általánosságban szól. Az egyik szerző (*Paltridge*) repülőgépes mérései szerint a légkörben elnyelt összes napsugárzás alig több, mint amennyit a gázok nyelnek el. Nyilván ezért nem szerepel a könyvben a számos mérés és számítás által megerősített tény, hogy a légkörben az aeroszolk által elnyelt napsugárzás mennyisége megközelíti a gázok által elnyelt napsugárzás energiá mennyiségét. A fejezetben egyszerű modellekkel tárgyalják a növekvő aeroszol-mennyiség lehetséges hatását az éghajlatra. Amint más megalapozott kutatások, ez a fejezet sem tud határozott választ adni a kérdésre.

A tizedik fejezet: Sugárzás és általános dinamika. A fejezet a függőleges hőmérsékleti profil és a sugárzási egyensúly klasszikus kérdésének tárgyalásával kezdődik. A troposzférikus sugárzás kérdéseiből a magasszintű inverzió kérdését, valamint a határreteg sugárzástörvényének kérdését tárgyalja. Igen lényeges és új szemléletű rész ebben a fejezetben: hogyan módosítja a sugárzás a felhőzetet, milyen szerepet játszik a sugárzás a felhőzet megjelenésében, jellegének kialakulásában és függőleges elmozdulásában.

Összefoglaló értékelésük a következőket kell elmondani a könyvről. Valóban nem tankönyv: a húsz-harminc évnél régebbi ismeretek többségét nem idézi fel, így azokat az olvasónak tudnia kell a könyv megértéséhez. Az újabb ismereteket jól tárgyalja, noha a hozzájuk vezető utat általában nem mutatja meg. A szerzők bizonyos szakosodást jeleztek az előszóban (légkörfizikai és meteorológiai modellezés), így nem kérhetjük számon a sugárzástan teljes területéről a legújabb ismereteket. Viszont a jelzett speciális irányba nem mentek elég messzire: a második fejezettől a hetedik fejezetig terjedő rész a hagyományos meteorológiai tankönyvek sugárzási fejezete modern kiegészítésének tekinthető, amely szükséges a mai szintű modellezéshez, de itt elég lett volna rövidebb terjedelemben, hogy ezután részletesebben tárgyalhassák a felhőkkel kapcsolatos sugárzási ismereteket, az aeroszol szerepét és főként az éghajlat és az időjárás folyamatok alakulásában a sugárzási folyamatok jelentőségét. Ezekkel a szerzők jórészt adósk maradtak. Meggyőződésem, hogy a könyv fő értéke a felhők sugárzástörvénye és a sugárzás felhőalkotó szerepének tárgyalása.

A könyvet elsősorban felhőfizikusoknak és azoknak ajánlanám, akik régebbi sugárzási ismereteiket újabb eredményekkel kívánják kiegészíteni, de az elméleti-fizikai-történeti háttér ismertére nem tartanak igényt.

Major György

STERN, MELVIN E.: *Ocean circulation Physics (Az óceánok cirkulációjának fizikája)*. Academic Press New York 1975 pp. 246, 36 ábra. Ára 1785 Ft.

Ez az összefoglaló munka az International Geophysics Series 19. kötete. A sorozat szerkesztőit az a cél vezérelte, hogy tematikus összefoglaló műveken keresztül bemutassák az általános geofizikában elért kutatási eredményeket. *Stern* könyve fegyelmezetten valósítja meg a kitűzött célt. Műve nagy rokonságot mutat a *Palmen* és *Newton* gondozásában megjelent, és a légköri cirkuláció kérdéseivel foglalkozó művel, szolgálja továbbá azt a gondolatot, hogy a geofizika különböző ágainak a képviselői nem érthetik meg szűkebb tudományáguk jelenségeit s problémáit, ha nem ismerik, nem használják fel egymás eredményeit.

*Stern* könyve két részre, ezen belül 12 fejezetre tagozódik. Az első részt a mechanikai jelenségek leírásának szenteli, míg a második részben főleg termikus kérdésekkel foglalkozik. Az oldal-számokat tekintve az első rész tűnik részletesebbnek, a 9-től 12. fejezetig terjedő második rész szűkebb terjedelemben, de figyelemreméltó alaposággal íródott meg.

Az 1. fejezet a hullámkeletkezésével, a második a forgó folyadék problémáival foglalkozik, fizikai és matematikai szempontból világos tárgyalásmóddal.

A meteorológusok, különösen a légköri dinamika kérdéseivel foglalkozók, minden bizonnyal a 3–8. fejezetet olvassák legnagyobb érdeklődéssel, ugyanis a kvázi-geosztrófikus mozgással (4. fejezet), a lamináris viszkózus áramlással (5. fejezet), a nyírás turbulenciával (6. fejezet), és a szél okozta cirkulációval a meteorológusok is egyaránt foglalkoznak.

A második rész minden fejezete is – nem túlzás a szó – izgalmas olvasmány a légkör fizikai jelenségeit tanulmányozók számára. Ha az első rész felsorolt fejezetei fölkeltezték az érdeklődést, a második rész bebizonyítja, hogy az óceánban lezajló folyamatok és a légkörben lejátszódó jelenségek esetében közös a nyelv, azonosok a kutatási alapelvek és módszerek.

A hőmérsékleti rétegzettség, a konvekció, valamint a termoklin effektus olyan problémák, amelyek megoldása az általános geofizika keretén belül specifikus formában vetődik fel oceánológus és meteorológus előtt egyaránt.

*Stern* előszavában megjegyzi, hogy könyvét oceánografusok számára írt folyadék-mechanikának, vagy pontosabban geofizikai folyadék-mechanikának is tekinthetjük, ehhez hozzá tehetjük,

hogy olyan geofizikai folyadék-mechanikát adott kezünkbe, amely nagy segítséget jelenthet az óceán – légkör kölcsönhatásával foglalkozó minden szakember számára.

A könyv tárgyalásmódja világos, olvasmányos. Úgy véljük, a szerző jól oldotta meg a sorozat célkitűzéseit; műve a címben megjelölt tárgykör alapos és modern felfogású feldolgozása.

*Rákóczi Ferenc*

**ДАВИТАЯ, Ф.Ф.: Атмосфера и биосфера – прошлое, настоящее и будущее.** (*A légkör és a bioszféra — a múltban, a jelenben és a jövőben*) „Novosztii i Problemy Nauki” sorozat, Leningrad 1976, Gidrometeoizdat, 36. old.

A szerző külön-külön fejezetekben tárgyalja a környező közeg megváltozásait, az élőhelyeket a globális ökológia legfontosabb összetevőit, a légkör és a hidroszféra beszennyeződését, a légkör fejlődéstörténetét, a légkör és a hidroszféra gázainak összetételét, a növények fotoszintetikus tevékenységét, a világtengernek a szerepét, a légkör és a hidroszféra természetes gázösszetételének megőrzését, és a jövő alakulásának kérdéseit. Az irodalmi jegyzék 22 szovjet és 14 egyéb munkát tartalmaz.

A kis monográfia lényegében az élő természetnek a környezethez való viszonyára vonatkozó problémákat tárgyalja, amely viszonyoknak fő tényezői a légkör és a hidroszféra. Egyaránt figyelmet fordít a légkör és a bioszféra múltjára, jelenére és jövőjére. Foglalkozik a légkör gázösszetételére vonatkozó vizsgálatokkal, valamint azokkal az intézkedésekkel, amelyek segítségével meg lehet akadályozni vagy meg lehet lassítani a légkör oxigéntartalmának csökkenését és szén-dioxidtartalmának megnövekedését.

*Aujeszky László*

**КОНДРАТЪЕВ И. Я. : Новое в теории климата.** (*Új eredmények az éghajlatelméletben*)<sup>2</sup> Leningrad, Gidrometeoizdat, 1976. 64 old.

Az éghajlatelmélet a meteorológiának az a rendkívül érdekes fejezete, amely az éghajlatok keletkezésének fizikai magyarázatával és a jövőbeli éghajlatváltozások előrejelzésével foglalkozik. Mint ismeretes, az éghajlatelméletet elsősorban szovjet kutatók művelik. *Kondratyev* professzor ebben a munkában a következő kérdéseket tárgyalja: az éghajlatok elméleti modelljei; a jelenkori éghajlatváltozások; a jelenkori éghajlatváltozások okainak megállapítása. Röviden vázolja a jelenlegi éghajlatelmélet főbb irányzatait: a félempirikus módszereket, a sugárzási konvekciós egyensúly fogalmát, a légkör zonális modelljeit és a teljes háromdimenziós modellezést. Részletesen taglalja azokat az elgondolásokat, amelyek a sztratoszféra levegőösszetételének és aeroszol-összetételének az éghajlatra kifejtett hatásaival kapcsolatosak. Ennek során különleges figyelemmel tárgyalja az ozonoszféra kialakulását és a kisebb mennyiségű gáznemű összetevőknek (elsősorban a nitrogén-oxidoknak) a hatását az ózonkeletkezésre. Bemutatja a sztratoszféra sugárzástanilag aktív összetevőinek (az ózonnak, a nitrogén-dioxidnak és az aeroszoloknak) az adatait.

Az aránylag csekély terjedelmű munkát rendkívül gazdag szakirodalmi jegyzék egészíti ki (214 irodalmi hivatkozás), amely önmagában véve is értékes forrásmunkát alkot.

*Aujeszky László*

## WMO TERÜLETI PÁROLGÁSI ÉS NEMZETKÖZI EVAPOTRANSPIRÁCIÓS KEREKASZTAL KONFERENCIA BUDAPESTEN

A területi párolgás becslésével foglalkozó WMO konferencia 1977. május 23–25. között zajlott le Budapesten. A konferencián 24 ország közel 70 szakemberrel (hidrológusokkal, meteorológusokkal) képviseltette magát. A népes magyar küldöttségben részt vettek az OVH, VITUKI, több más, vízgazdálkodási kérdésekkel foglalkozó intézmény és az Országos Meteorológiai Szolgálat szakemberei. Szolgálatunkat *Kozma Ferencné, Kozma Ferenc, Szakács Györgyné, Bodolai Istvánné* és *Endrődi Gabriella* képviselte.

Az ülés megnyitása után az OVH és a VITUKI vezetői, szolgálatunk nevében *Ambrozó Pál* a KMI igazgatója, valamint a WMO Titkárság képviselője üdvözölte a résztvevőket. A háromnapos ülészakon a napirenden szereplő témakörök riportőrei összefoglalóan ismertették a területi párolgás meghatározásával kapcsolatos fontosabb eredményeket és feladatokat. A témakörök:

**1. téma:** A tényleges területi párolgás becslésének szükségessége a különböző gyakorlati felhasználás céljára (rapportőr: *F. Hashemi*, Irán). Számos eszköz és eljárás áll rendelkezésre a párolgás egy adott helyen történő mérésére vagy számítására, azonban a kapott eredmények kiterjesztése nagyobb területre jelentősen függ a mérések pontosságától és reprezentativitásától. A területi párolgás minél megbízhatóbb becslését mind a vízgazdálkodási, mind a mezőgazdasági szakemberek igénylik. A rendelkezésre álló vízforrások felhasználásának tervezéséhez nem elegendők csupán egy-egy terület tényleges párolgásának havi és évi átlagai, hanem mindinkább előtérbe kerül a tér- és időbeli változékonyság meghatározása is. A területi evapotranspiráció ismeretében tervezhető, milyen növényfajt, milyen növényfaj-kombinációkat érdemes adott területen termesztetni ahhoz, hogy öntözéssel vagy anélkül, optimális és gazdaságos termést nyerjenek.

**2. téma:** A tényleges területi párolgás becslése és a pontos mérés kapcsolata (rapportőr: *D. Jurak*, Lengyelország és *Kovács Gy.* Magyarország). A területi párolgás meghatározására különböző módszerek használatosak, mint a vízháztartási, hőháztartási, különböző meteorológiai elemeken alapuló módszer, vala-

mint olyan eljárások, amelyek közvetlen (párolgásmérő kádak, evapotranspirométerek, liziméterek segítségével nyert) mérési eredményeket vesznek figyelembe átszámítási faktorok alkalmazásával.

A beküldött dolgozatok alapján részletesen elemezték a vízháztartási összetevők pontos meghatározásával kapcsolatos problémákat, valamint a különböző mérési eredmények nagyobb területre való érvényességének kérdéseit.

**3. téma:** A tényleges területi evapotranspiráció meghatározása különböző módszerekkel (rapportőr: *J. S. G. McCulloch*, Anglia). Néhány fontosabb módszer rövid történeti áttekintése után a riportőr összefoglalóan ismertette az e témában beküldött tanulmányokat, lehetőséget nyújtva az egyes szakembereknek eredményeik rövid ismertetésére. Szolgálatunk e témához kapcsolódó vizsgálatait *Antal-Tóth* „A területi párolgásnak, mint az éghajlat higrikus összetevőjének becslése Magyarországon” c. dolgozata képviselte.

A WMO képviselője ismertette a Meteorológiai Világszervezet eddigi tevékenységét a hidrológiai ciklus egyik legfontosabb elemének, a párolgásnak a mérése és becslése területén.

A résztvevők a Vízgazdálkodási Tudományos Központban tett látogatás során részletesebben is tájékozódtak a hazai hidrológusok munkájáról.

A konferencia, ismerve a területi párolgás meghatározásának szükségességét, „nem formális” ajánlásokat fogadott el, amelyek többek között kiemelik a meteorológiai elemek mérésének, liziméter-hálózat létesítésének fontosságát, valamint a vízháztartási összetevők pontosabb meghatározásának szorgalmazását.

A WMO területi párolgási konferenciát követte május 26–28. között ugyancsak Budapesten, a nemzetközi evapotranspirációs kerekasztal konferencia, amelyet az ICID (Nemzetközi Öntözési és Vízrendezési Szövetség) magyar nemzeti bizottsága rendezett az MTA, OVH és a MÉM támogatásával. A konferencián 25 ország szakemberei sorában szolgálatunk részéről *Kozma Ferencné, Kozma Ferenc, Stollár András* és *Endrődi Gabriella* vett részt. A WMO, FAO és IASH is képviseltette magát.

A kerekasztal-konferencia tárgya: az *evapotranspirációval összefüggő kutatások és alkalmazások nemzetközi szintű összhangjának megteremtése*; ezen belül 2 témakörbe tartozó főbb kérdéseket tárgyaltak, illetve nemzeti és egyéni tanulmányokat ismertettek.

1. téma: *Termínológia*. A nemzeti jelentések és tanulmányok ismertették az egyes országokban eddig használatos, és az általuk elfogadásra javasolt evapotranspiráció-elnevezéseket, illetve értelmezéseket. A vita nyomán kitűnt, milyen fontos – különösen az öntözési szakemberek, mérnökök szempontjából – megállapodni abban, hogy mit fednek az egyes (maximális, potenciális, optimális, tényleges stb. evapotranspiráció) fogalmak, valamint szükséges a vízfelületek és a növényekkel borított felszínek vízvesztésének megkülönböztetése az „evaporáció” és „evapotranspiráció” fogalmával.

2. téma: *Mérési módszerek*. A beküldött dolgozatok részletesen foglalkoztak a potenciális, optimális, tényleges evapotranspiráció mérésére alkalmas berendezésekkel, valamint segítségükkel kapott eredményekkel. A vita során kialakult közös álláspont szerint a tényleges evapotranspiráció mérése hasznos segítséget nyújt a gyakorlatban mindazon tevékenységek számára, amelyek célja a terméshozamok és a vízfelhasználás hatékonyságának emelése. A résztvevők egyetértettek abban, hogy a víz-háztartási egyenlet alapján csak hosszabb (év) időszakokra kaphatunk használható értékeket, míg a különböző típusú liziméterek, továbbá az energiaháztartáson alapuló módszerek rövid (óra, nap, pentád) időszakokra is megbízható tájékoztatást adnak a párolgás alakulásáról.

3. téma: *Számítás*. E témakörben számos nemzeti és egyéni tanulmány alapján ismerkedhetek meg a szakemberek a világ különböző országaiban meteorológusok, hidrológusok, öntözési szakemberek által alkalmazott, továbbfejlesztett párolgásszámítási módszerekkel és ezek eredményeivel. A vita során kitűnt, hogy az ún. kombinációs, valamint a helyi viszonyok között (konkrét mérések alapján) kifejlesztett módszerek a legmegfelelőbbek, különösen, ha növényfiziológiai paramétereket is figyelembe vesznek. A gyakorlati szakemberek ismételten hangsúlyozták olyan alkalmas módszer szükségességét az evapotranspiráció megbízható becsülésére, amely a gazdaságos és hatékony öntözés alapjául szolgálhat.

Mindhárom témában élénk vita alakult ki a résztvevők között, eredményként pedig ajánlások születtek, amelyeket az ICID végrehajtóbizottságának 29. ülése (Athén, 1978) elé terjesztenek.

A záróülésen az ICID titkára, a WMO képviselője, valamint a külföldi résztvevők köszönetüket és elismerésüket fejezték ki a magyar államnak és a rendezőknek a konferencia kitűnő, zavartalan lebonyolításáért, és a tudományos ülésszakon kívüli kellemes programok biztosításáért.

mányos ülésszakon kívüli kellemes programok biztosításáért.

Az ülésszakot és a szakmai vitákat követően a résztvevőknek alkalmuk nyílt arra, hogy megtekintsék a mirhó-gyolcsi, szarvasi és Kecske-mét-katonatelepi evapotranspirációs kísérleteket a május 29-i kirándulás során, amely hangulatos vacsorával ért véget.

*Endrődi G.*

\*

## A GARP ALBIZOTTSÁG ÜLÉSE

Az MTA Meteorológiai Tudományos Bizottságának GARP-albizottsága 1977. április 29-én tartotta meg alakuló ülését. A bizottság megvitatta az előtte álló feladatokat és szerepét a következőképpen fogalmazta meg:

„Az albizottság a testületi munka speciális eszközeivel *a)* figyelemmel kíséri a GARP keretében folytatott nemzetközi meteorológiai tevékenységet; *b)* áttekinti és szorgalmazza a GARP-hoz kapcsolódó hazai kutatásokat; *c)* széles körűen propagálja a GARP jelentőségét, akcióit és eredményeit; *d)* fórumot teremt a GARP-hoz kapcsolódó hazai kutatások elvi és módszertani kérdéseinek, valamint a tudományos eredmények megvitatására; *e)* eleget tesz a Meteorológiai Tudományos Bizottságtól kapott speciális feladatoknak.

Az albizottság évente legalább két ülést tart, melyeken – fent vázolt céljainak megfelelően – meghallgat egy-egy átfogó tudományos előadást, valamint megvitatja a GARP-pal kapcsolatos időszerű nemzetközi és hazai helyzetképet. Ezen túlmenően megtárgyalja a feladatkörében felmerülő kérdéseket, és szükség szerint javaslatokat dolgoz ki a Meteorológiai Tudományos Bizottság számára.”

Az alakuló ülés második napirendi pontjaként *Götz Gusztáv*, az Albizottság elnöke áttekintést adott a GARP történetéről és a különbözőféle alprogramok helyzetéről. Az előadó részletesebben szólt a kidolgozás alatt álló MOUNTEX alprogramról, melyet többek között a magyar szolgálat javasolt a GARP Egyesített Szervező Bizottságának (JOC) az 1974. évi budapesti ülésén. E kísérlet célja az Alpok áramlásmódosító hatásának vizsgálata, amelytől a kutatók többek között a mediterrán ciklogenezis jobb megismerését is remélik.

Az Első Globális GARP-Kísérletet (FGGE) jelenleg a *Monsoon-77* expedíció vezeti be, amely elsősorban szovjet és indiai együttműködéssel valósul meg, s fő célja a monszunok kialakulásának és fejlődésének tanulmányozása. Szolgáltatunk a kísérletben *Antal Emánuel* és *Simon Antal* képviseli. Előkészületeikről az albizottság *Simon Antal* beszámolója alapján tájékozódott.

*Faragó T.*

Nemrég érkezett a szomorú hír: *Krasztanov* akadémikus, a neves bolgár tudós, a bolgár és a nemzetközi tudományos élet kiemelkedő személyisége, az Időjárás Szerkesztő Bizottságának tagja, 1977. május 8-án elhunyt. Számunkra ez azért is szomorú, mivel *Krasztanov* akadémikus számos magyar meteorológus barátja volt, illetve tevékenysége sokunk számára példaképül szolgált és szolgál a jövőben is. Azok közé a nagyszerű tudósok közé tartozott, akik életpályája azt példázza, hogy nemzetközileg ismert és elismert tudományos eredmények kisebb országokban, viszonylag egyszerűbb feltételek mellett is elérhetők. Példaképünk lehet olyan szempontból is, hogy hogyan kell eszményien összeötvözni az alkotó tudós, a tudományszervező és a közéleti politikus tevékenységét.

*Lubomír Krasztanov* tanulmányait a Szófiai Állami Egyetemen végezte. Életművét sok tekintetben meghatározta, hogy — többek között — *I. N. Stranski* professzor tanítványa volt, aki a fázisváltások tanulmányozásával foglalkozó bolgár iskola megalapítójának tekinthető. *Krasztanov* nagy érdeme abban áll, hogy a fizikai-kémiában tanult, illetve a *Stranski* és tanítványai által kidolgozott alapvető összefüggéseket légköri problémák megoldására alkalmazta. Ily módon a felhőcseppek, illetve jégkristályok keletkezése termodinamikájának és kinetikájának kidolgozásában úttörő munkát végzett. Különösen fontosak azok a munkái, amelyekben energetikailag tisztázta a kondenzációs magvak felhőképződésben játszott szerepét. Szinte minden felhőfizikai kézikönyvben idézik azokat a tanulmányait is, amelyekben elsőként mutatta ki, hogy a szilárd fázis létrejötte a felhőkben uralkodó hőmérsékleteken sokkal valószínűbb a cseppek fagyása útján, mint közvetlen gőzdepozícióval. Ennek a megállapításnak nem csak a csapadék-képződés, hanem a felhők mesterséges befolyásolása szempontjából is nagy jelentősége van.

*Krasztanov* akadémikus 1950 és 1959 között a Bolgár Népköztársaság Hidrometeorológiai Szolgálatának, majd 1959-től a Bolgár Tudományos Akadémia Geofizikai Intézetének igazgatója volt. Mindkét intézmény újjászervezésében, illetve szervezésében fontos szerepet játszott. Az utóbbi intézetben megszervezte és személyesen vezette a Légkörfizikai Osztályt. Külön érdeme, hogy az osztály kutatásaiban a kísérleti munkákra nagy súlyt helyezett, és legutolsó tudományos eredményei is kísérletekre alapulnak (a különböző mesterséges anyagok jégképződésre gyakorolt hatása). Megszervezte az osztályon a turbulencia kutatásokat is, amelyek később tanítványainak a légszennyezőanyagok terjedése területén publikált munkáiban gyümölcsöztek.



Tudományszervező tevékenységének fontos szakaszát képezik az 1962 – 68-as évek, amikor a Bolgár Tudományos Akadémia elnökeként tevékenykedett. Haláláig tagja volt a BTA elnökségének. Politikai tevékenységét, mint a Bolgár Kommunista Párt Központi Bizottságának tagja, illetve mint országgyűlési képviselő fejtette ki. Hosszú éveken át végzett oktatói munkát a Szófiai Állami Egyetemen. Magasszintű tudományszervező és társadalmi tevékenységének legkiemelkedőbb hazai elismerése a *Dimítrov*-díj első fokozatának elnyerése volt, amellyel a bolgár kormány 1968-ban tüntette ki.

*Lubomír Krasztanov* fontos szerepet játszott a nemzetközi tudományos életben is. Sok éven át aktív tagja volt a Nemzetközi Geofizikai és Geodéziai Unió Felhőfizikai Bizottságának. A Meteorológiai Világszervezetben is hasznos munkát folytatott, utoljára mint a Végrehajtó Bizottság Időjárás módosító Paneljének munkatársa. Számos erőfeszítést tett a szocialista országok felhőfizikai kutatásainak koordinálására is. 1964-ben az MTA tiszteletbeli tagjává választották.

E sorok írója sokat köszönhet *Krasztanov* akadémikusnak és munkatársainak. A bolgár kollégákkal való eszmecserék indították el pl. azokat a magyar termodinamikai kutatásokat, amelyek célja a vízben oldódó, illetve vegyes magvak felhőfizikai szerepének tisztázása volt. Ez a gyümölcsöző kapcsolat a jövőben is élni fog, hiszen az elhunyt eszmei hatása, szelleme megmaradt azokban a kézikönyvekben és tanulmányokban, amelyekből a magyar kutatók a jövőben is tanulni fognak. *Lubomír Krasztanov* életműve nyilván tovább fog élni tanítványainak, az általa alapított bolgár felhőfizikai iskola tagjainak munkáiban is. Emlékét kegyelettel fogják őrizni mindazok, akik a légköri tudományok fejlődésének elősegítésén munkálkodnak.

Mészáros E.

## AZ INTERKOZMOSZ SZEKCIÓ 9. ÜLÉSE

Az INTERKOZMOSZ Kozmikus Meteorológiai Állandó Munkacsoportjának ajánlására a meteorológiai mesterséges holdak jeleinek vételére szolgáló földi vevőberendezések kidolgozásával foglalkozó szekció 9. ülését a magyar meteorológiai szolgálat rendezte Budapesten. Az 1977. május 4–11. közötti ülésorozaton Bulgária, Csehszlovákia, Magyarország, Német Demokratikus Köztársaság, Lengyelország, Románia és a Szovjetunió delegációi vettek részt.

Az ülészakon megtárgyalták a Meteor—2 szovjet mesterséges hold által közvetlenül kisugárzott televíziós képek vételének tapasztalatait; az egyes országok delegációinak beszámolóit a vevőberendezés fejlesztése terén végzett munkáról; a szovjet geostacionárius műholdakon elhelyezésre kerülő S-sávban működő WEFAX-csatorna paramétereit és a vevőberendezés iránti követelményeket; a következő tudományos-technikai szeminárium tematikáját az 1978–1980-ra szóló munkatervet. A küldöttek aktivitását a baráti légkörben és az alkotó viták jegyében lefolyt üléseken a terjedelmes jegyzőkönyv tanúsítja. Május 8-án a résztvevők megtekintették Pécsét és a város mellett működő jégeső-elhárító rendszert.

Major Gy.

\*

## A XVII. METEOROLÓGIAI VILÁGNAP ESEMÉNYEI

Immár másodízben (először 1967-ben) téma a Meteorológiai Világnapon az *időjárás és a víz*. Ezzel a Meteorológiai Világszervezet nemcsak azt fejezi ki, hogy e két téma mennyire szoros és elválaszthatatlan, hanem azt is, hogy az utóbbi években a Világszervezet kiterjedtebb alapvető felelősséget vállalt a hidrológiában is. Ugyanez az elv vezérelte a Magyar Meteorológiai Társaságot is, amikor a Magyar Hidrológiai Társasággal közösen rendezte meg ünnepi ülését 1977. március 24-én.

Béll Béla, az MMT elnöke bevezetőjében méltatta a meteorológiai világnapok jelentőségét a tudományos ismeretterjesztésben, a meteorológiai társadalmi-gazdasági szerepének szóles körű tudatosításában. Ezután Bodolainé Jakus Emma a Központi Meteorológiai Intézet tud. csoportvezetője „Időjárás és víz” című előadása hangzott el, majd Kienitz Gábor a VITUKI tud. osztályvezetője az 1977. évi magyarországi belvizekről és a belvízrendezés meteorológiai vonatkozásairól számolt be. Mindkét előadás teljes szövegét lapunk későbbi számában közöljük. Befejezésül a GARP Atlanti Trópusi Kísérletéről készült filmet nézték végig az ünnepi ülés résztvevői.

Ugyancsak ebből az alkalomból a Magyar

Meteorológiai Társaság szegedi csoportja a József Attila Tudományegyetem éghajlattani tudományos diákkörével együttesen ünnepi előadást tartott 1977. március 31-én a szegedi MTESZ Technika Házában.

Az ülés első napirendi pontja Makra László tanársegéd „Az időjárás és a víz” című előadása volt. Utána Péczy György tanszékvezető egyetemi tanár tartott előadást „A csapadékképződés fizikája” címmel.

Befejezésül itt is a Meteorológiai Világszervezettől kölcsönzött film került vetítésre. Kísérő szövegét a vetítéssel párhuzamosan Kopeckzi Andrea egyetemi hallgató tolmácsolta.

A szép számmal megjelent közönség nagy érdeklődéssel fogadta az előadásokat és a kísérő filmet.

Ambrózy P. — Kiss Á.

\*

## A METEOROLÓGIAI ÉS HIDROLÓGIAI INFORMÁCIÓS RENDSZEREK FEJLESZTÉSÉNEK PERSPEKTÍVÁI

A KGST Prognózis Bizottsága több téma vonatkozásában kidolgozza a távlati fejlődés és fejlesztés (2000-ig) várható perspektíváit. Egyebek között a meteorológiai és hidrológiai információs rendszerek fejlesztésének, valamint az emberi tevékenység éghajlati és hidrológiai rendszerekre gyakorolt várható hatásainak a perspektíváit is megvizsgálja az elkövetkezendő 25 évre. E téma kidolgozásának koordinálója a román meteorológiai és hidrológiai intézet, a munkában részt vesz a magyar és a csehszlovák meteorológiai szolgálat.

A munkacsoport 1977. március 22–26-a között tartotta második munkaértekezletét, amelyen a magyar meteorológiai szolgálatot Antal Emánuel főosztályvezető képviselte.

E tanácskozáson körvonalazták az információs rendszerek kidolgozásának főbb irányvonalait, s megjelölték azokat a tényezőket, amelyek a perspektíva (prognózis) felvázolásához szükségesek lesznek.

Részletesen megvizsgálták a jelenlegi meteorológiai információs rendszereket és hatékonyságukat. Az értékelés során a tanácskozás résztvevői az a szempont vezette, hogy az elektronikus számítógépek fejlesztését az adat-tömeg és a számítások állandó növekedésének és bővülésének figyelembevételével kell végrehajtani, ami komplex megoldást fog jelenteni az operatív munka rohamos növekedése számára.

A tanácskozás eredményeképpen felvázolták azokat az előzetes metodológiai jellemzőket, amelyeket az érdeklét felek konzultációk útján továbbfejlesztnek, illetve korrigálnak.

A 2000-ig szóló prognózisnak foglalkoznia kell az információs rendszerrel (ezen jelen esetben a szakterület adatforrásainak, ismereti

szintjeinek, adattovábbításának, feldolgozási módszereinek és eszközeinek információs összességét érti a munkabizottság), a koordinációs sémával (amelybe beletartozik a rendszer összetétele, a rendszer feladata, a kivitelezés ideje és módja, a kivitelezés technikai eszközei), az információs rendszer kivitelezésével, amely három fázisban valósítható meg, valamint a kutatással és a szakemberképzéssel.

A felsorolt szempontok alapján a résztvevő felek kidolgozzák a saját prognosztikai modelljüket, amit még 1977 folyamán összesítenek, s a KGST Prognózis Bizottság elé terjesztik.

Szomorúan vettük tudomásul, hogy a Romániát sújtó márciusi földrengések néhány meteorológus kollégánk, családtagjával együtt, áldozatul esett. Róluk, munkásságukról a munkaosport kegyelettel emlékezett meg.

✱

*Antal E.*

### A XIII. ORSZÁGOS TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI KONFERENCIA METEOROLÓGIAI ELŐADÁSAI

A tudományos diákkörök az elmúlt évtizedekben a felsőfokú oktatás szerves részévé váltak. Céljuk az önálló tudományos gondolkodásra, kutatómunkára nevelés gyakorlott oktatók irányításával. Az eredmények bemutatására, egyúttal a fegyelmezett s a lényegét kiemelő előadástechnika elsajátítására pedig az egyetemeken diákköri konferenciáin, magasabb szinten az országos diákköri konferenciákon adódik lehetőség. Miután a témák kiválasztásában, a kidolgozás irányításában, a mértékelt, világos előadásmód kialakításában, végül a technikai eszközök alkalmazásában a kutatóhelynek, az egyetemi, főiskolai tanszéknek közvetlen ösztönző és nevelő feladatai vannak, amelyeket a „kutatóvá nevelés” feladatkörben foglalhatunk össze, azért az országos diákköri konferenciákon nemcsak a diákok, hanem az egyetemek, illetve az egyetemi, főiskolai tanszékek is bemutatkoznak. Az eddig lebonyolított 13 országos konferencia tükrében ezt úgy is mondhatjuk, hogy a bemutatkozás nem áll messze a jó értelemben vett tudományos vetélkedőtől.

Az országos konferencia előadásait szekciókba osztják, amelyek a főbb tudományterületek szerint különülnek el. A XIII. konferencia természet tudományi szekciójának üléseit az ELTE Természettudományi Kara Budapesten rendezte 1977. április 6–8. között. Az országos diákköri konferenciák történetében ez volt az első alkalom, amikor a természet tudományi szekción belül önálló meteorológiai alszekcióban meteorológiai tanulmányokat mutattak be. 1960 óta helyet kaptak ugyan meteorológiai tárgyú előadások is az országos konferenciákon, de ezeket a földrajz, a fizika és a számítástechnika alszekciók valamelyikében mutatták

be, ahol a kellő kritika, reális összehasonlítás és értékelés nem volt biztosítható.

A XIII. konferenciára két egyetemi tanszékről: a budapesti ELTE Meteorológiai Tanszékről és a szegedi JATE Éghajlattani Tanszékről összesen 13 dolgozatot nyújtottak be. Az ELTE tanszékről 2 hallgató 3 dolgozata, a JATE tanszék részéről 12 hallgató 10 dolgozata alkotta végül is – előzetes „házi” elbírálás és válogatás után – az alszekció programját. A dolgozatok számaránya azt mutatja, hogy egyetemünkön, főleg pedig főiskoláinkon nem kaptak a hallgatók azonos mértékű ösztönzést meteorológiai témák kidolgozására, jóllehet szaktudományunk érdekében a diákkörök adta ilyen irányú lehetőségek kihasználása elsőrendű fontosságú. A „minden kezdet nehéz” magyarázat egyelőre elfogadható, de a következőkben a céltudatos propaganda megszervezése – talán a 3 tudományegyetem tanszékeinek együttes kezdeményező munkájával – el nem hanyagolható kötelezettség. Ugyancsak a kezdet nehézségével és a kellő propaganda hiányával menthető az a gyér látogatottság, amely az alszekció ülésein a végzett és tapasztalt meteorológus kutatók részéről volt tapasztalható. A bíráló bizottság tagjain kívül – akik között az Országos Meteorológiai Szolgálat, a Magyar Meteorológiai Társaság, a 3 egyetemi meteorológiai tanszék, a KISZ és a földrajzi társtudományok képviselői kaptak helyet –, alig jelent meg az érdekelt egyetemi hallgatókon kívül meteorológus. Már pedig, ha szaktudományunknak szélelő körben történő megismertetését és elismertetését a diákköri konferenciák fórumán is fontos feladatunknak tekintjük, s ennek érdekében az első lépés: az önálló meteorológiai alszekció megvalósult, nem szabad elhanyagolnunk a diákkörök tulajdonképpeni célját: a kutatóvá nevelésnek az utánpótlás terén összetett feladatát sem, amelyben a tanszékek oktatói a tapasztalt kutatók tanácsait, segítségét, kritikáját joggal igénylik. Bízunk a fokozatos fejlődésben és a legközelebbi, két év múlva rendezendő országos konferencián az alszekció nagyobb látogatottságában.

A két félnapon bemutatott 13 dolgozat megérdemelte volna a nagyobb nyilvánosságot. Általában 6-7 előadás egy-egy fél nap 3-4 órájában – még többé-kevésbé érdekes hozzászólásokkal és kritikával tarkítva is – fázasztó egy zárt, elsötétített teremben. (Ideje volna már korszerűbb vetítő készülékekkel az elsötétítést mellőzni.) Ennek ellenére a hallgatók nem fáradtak el a gyorsan váltakozó, különböző témájú előadásoktól. Érdekesek és változatosak voltak a témák, jóllehet a két tanszékről kikerült dolgozatok egy-egy jellegzetes témakörön, metodikán belül maradtak. Föltétlenül kiemelendő – elsősorban a JATE hallgatói részéről – az a fegyelmeztség és céltudatosság, amellyel a megszabott 20-25 percen belül munkájuknak lényegét a szerve-

sen összekapcsolódó bevezetés és módszertani ismertetés után tézisszerűen bemutatják. A szabad előadás közvetlensége, a gondosan elkészített ábrák egyaránt, dicsérik az előadók felkészülését és a szakvezetők gondos előkészítő munkáját. Az utóbbiak: *Péczely György* egyetemi tanár, *Kiss Árpád* adjunktus, *Károssy Csaba* aspiráns (JATE), és *Dobosi Zoltán* tszv. docens, *Rákóczi Ferenc* docens, *Császár Margit* adjunktus (ELTE).

A JATE Éghajlattani Tanszékről érkezett dolgozatokat földrajz-matematika szakos tanárjelöltek írták. Témáik elsősorban Magyarország éghajlatának komplex sajátosságaira irányultak, s több elem összefüggését, eloszlásfüggvényét, kombinált statisztikai jellemzőit, stabilitását mutatták be. Valamennyi dolgozatot a korszerű matematikai statisztika biztos kezelése, a módszerek világos és érthető bemutatása, valamint az eredmények gyakorlati alkalmazására irányuló törekvés, a gyakorlati igényeket jól ismerő és ezeket kielégíteni törekvő témaválasztás jellemezte. Az utóbbi kétségkívül a tanszékvezető érdeme. A bemutatott előadásokból egy jól induló és reményteltető, korszerű éghajlattani iskola körvonalai bontakoztak ki.

Az ELTE Meteorológiai Tanszéke részéről bemutatott dolgozatok a meteorológia legkorszerűbb eszközeinek (műholdak) és módszereinek (információ- és döntéshozatal, éghajlati energetikai modellezés) felhasználásával készültek, igénybevételek a rendelkezésre álló számítógép-kapacitást, nemzetközi tapasztalatokat és szakirodalmat. A pályázók jó vitakészségről tettek tanúságot.

A bíráló bizottság valamennyi dolgozatról, az előadások színvonaláról elismerően nyilatkozott. Az elhangzott számos tanács és ösztönzés elsősorban arra vonatkozott, hogy a feldolgozó munka bemutatása után nagyobb súlyt kell helyezni az eredmények értelmezésére, a megállapítások fizikai megalapozására éghajlati adottságaink már ismert sajátosságai alapján vagy éppen ezek gazdagítása érdekében. Másrészt a korszerű új elméleti módszerek (ismeretelmélet, döntéshozatal, modellezés) kiválasztásánál alapvető szempont legyen a meteorológia sajátosságainak és más természettudományoktól megkülönböztető, önálló jellegét megalapozó vonásainak figyelembevétele.

A bíráló bizottság javaslatára az országos konferencia szervező bizottsága *Mika Jánost* (ELTE) *Éghajlatelméleti vizsgálatok a Gangyin-féle energia-egyensúlyi modellen* című dolgozatáért az Oktatásügyi Minisztérium és a KISZ KB fődíjával, *Pelle Lászlót* (JATE) *Magyarország szekuláris csapadéksorának információtartalom-vizsgálata* című dolgozatáért az OMSZ pályadíjával, *Makra Lászlót* (JATE) *A mérsékelt öv cirkulációs indexének periodikus változása* című dolgozatáért az ELTE-KISZ fődíjával, *Kemény Katalint* (JATE) *Az Északatlanti és európai térség hőmérséklet-eloszlásának*

*típusai* című dolgozatáért az ELTE pályadíjával, *Fekete Lászlót* (JATE) *Csapadékos és csapadék nélküli ismétlődések statisztikai jellemzői az Alföldön* című dolgozatáért a Magyar Meteorológiai Társaság pályadíjával, *Nagy Zsuzsannát* (ELTE) *A geopolenciál-mező objektív analízise műholdas megfigyelési adatok felhasználásával* című dolgozatáért az OMSZ—MMT pályadíjával tüntette ki. Az utóbbi két kitüntetett a Magyar Meteorológiai Társaság meghívta egy-egy előadásra, amelyen az ősz folyamán dolgozatukat bemutatják. A jutalmazottakon kívül a bíráló bizottság írásbeli dicséretet nyertek el: *Jeges Mariann*, *Hódi Imre*, *Pataki Anna*, *Csorász Éva*, *Gurzó Imre*, *Török Lilla*, *Szepesi Katalin* és *Vámos Ágota*, valamennyien a JATE Éghajlattani Tanszék hallgatói.

Az OMSZ az alszekció valamennyi előadóját, a debreceni KLTE Meteorológiai Tanszéke pedig 3 előadót ajándékozott meg értékes könyvekkel.

Béll B.

\*

#### AGROMETEOROLÓGIAI MUNKACSOPORT ÜLÉSE SZÓFIÁBAN

1977. április 25—30. között rendezték meg a szocialista országok Agrometeorológiai Munkacsoportjának első ülését Szófiában, amelyre összesen 17 képviselőt delegáltak. A rendezvényen az Országos Meteorológiai Szolgálat részéről *Kozma Ferencné* tudományos osztályvezető, e sorok írója volt jelen. A munkacsoport tagjait *Iván Bancev*, a bolgár szolgálat igazgatóhelyettese köszöntötte, az elnök tisztességének betöltésére pedig *Eszterja Herskovics* professzort kérték fel.

Az április 25—29. között lezajlott ülésorozaton az alábbi főbb kérdéseket vitatták meg:

1. Az agrometeorológiai információk minőségének javításával kapcsolatos feladatok sorában a delegátusok foglalkoztak a hálózatsűrűség problémájával. A vita eredményeként arra a közös álláspontra jutottak, hogy az agrometeorológiai megfigyeléseket végző állomások sűrűsége az egyes országokban az általános jellegű vizsgálatokhoz elegendő, de a mezőgazdaság által kért konkrét és részletes információk biztosításához autótávonalas mérések bevezetése is célszerűnek látszik, a növények különböző fejlődési fázisait, valamint a talajnedvességet illetően. A repülőgépes megfigyelések szintén hasznos tájékoztatást nyújtanak a mezőgazdasági növénykultúrák és a talajnedvesség állapotáról, ám ilyen megfigyelések végzésére kevés országnak van lehetősége. Az agrometeorológiai információkban igen fontos helyet foglal el a talajnedvesség, amelyet az egyes országokban ma még különböző módszerekkel mérnek. A munkacsoport ajánlásai között szerepel, hogy azok az országok, ahol

rendelkeznek korszerű talajnedvességmérő műszerekkel (pl. NIV-2), végezzenek összehasonlító méréseket és eredményeikről – a műszer-egységesítés távolabbi célkitűzésével – a következő ülésen tájékoztassák egymást.

2. A munkacsoport ülésének fontos napi-rendi pontja volt az agrometeorológiai szolgáltatások hatékonyságának emelésével kapcsolatos témakör. *O. Szírotyenko* szovjet delegátus ismertette a Szovjetunióban kidolgozott komplex dinamikus modelleket, amelyeket a mezőgazdasági növénykultúrák termésének előrejelzésére alkalmaznak. A kérdés fontosságára való tekintettel a munkacsoport szimpózium megrendezését tartja kívánatosnak a hatékonyság-témában, s *E. Herskovics* professzort kérte fel, hogy egyeztesse megvalósításának lehetőségeit a szocialista országok met./hidromet. szolgálatainak igazgatóival. A mezőgazdasági növénykultúrák terméshozamaival kapcsolatos agrometeorológiai kutatások előbbrevitele céljából közös kutatási munkaterv készült az 1978–80-as évekre, különös tekintettel a dinamikus modellek alkalmazhatóságára néhány kiválasztott növény terméshozamának becslésére.

3. A munkacsoport megvitatta az alapvető mezőgazdasági növénykultúrák jelenleg használatos terméslőrejelzési módszereit, és az egységesítés érdekében olyan munkatervet fogadott el, amelynek eredményeként lehetővé válik első lépésként az őszi búza fejlődésének és terméshozamának előrejelzési módszereit tartalmazó kötet kiadása. E tevékenységben az OMSz részéről vállaltuk, hogy 1978 nyegedik negyedére bemutatjuk az általunk kidolgozott terméslőrejelzési módszert őszi búzára, valamint alkalmazzuk összehasonlító vizsgálatra a szovjet módszert és levonjuk a megfelelő következtetéseket. Vizsgálati eredményeinket 1978 végén közöljük a Szovjetunióval, mint a téma koordináló országával.

A munkacsoport résztvevői számára április 30-án igen kellemes kirándulást szerveztek a bolgár kollégák, amelynek során agrometeorológiai kutatóállomást is meglátogattak.

*Tóth E.*

## AZ MMT VÁLASZTMÁNYÁNAK ÜLÉSE

A Magyar Meteorológiai Társaság Választmányja a 45. tisztújító közgyűlés utáni első ülését 1977. április 29-én délután tartotta az MTESZ Anker közli székházában.

*Béll Béla* elnöki megnyitójában üdvözölte az új összetételű választmányt, majd az MTESZ XII. közgyűléséről *Szakály József* főtítkár számolt be, kiemelve azokat az újabb feladatokat, amelyek a társasági munkaterv módosítását ill. kiegészítését igénylik. Az MTESZ közgyűlése az országos elnökség tagjává választotta a Társaság elnökét, főtítkárát és *Simon Antal* títkárt.

A „városklíma, városklímakutatás” szakértői megbeszélés vitázáró ülésen elfogadott határozati javaslatot *Kéri Menyhért* társelnök ismertette. A választmány elfogadta a határozati javaslat szövegét és úgy döntött, hogy azt – az MTESZ központi titkárságán keresztül – meg kell küldeni mindazon főhatóságoknak, intézménynek, megyei és városi tanácsnak, amelyek a városklíma-kutatások tervszerű végzésében elsősorban érdekelték, s ennek következtében a szükséges anyagi föltételek megteremtését is vállalják.

A továbbiak során a főtítkár a Társaság XIX. (V.) Vándorgyűlésének előkészületeiről és a további feladatokról tájékoztatta a választmányt.

A társasági pályázatok ügyét – a tudományos tanács javaslata alapján – *Béll Béla* terjesztette elő. Minthogy a Társaság is bekapcsolódott a XIII. országos tudományos diákköri konferencia természettudományi szekciójának munkájába, a Társaság „ifjúsági pályadíjának” két nyertesét *Fekete László* és *Nagy Zsuzsannát* a választmány meghívja, hogy díjnyertes dolgozataikat mutassák be a Társaság ifjúsági körének klubdelutánján. Ott kerül sor a pályadíjak ünnepélyes átadására is. Az ifjúsági kör tevékenységének irányítására és a konferencián elhangzott további kiváló dolgozatok bemutatásának megszervezésére a választmány *Bozó Pál* tagtársat kérte fel. A választmány szükségesnek tartotta az ifjúsági pályadíjak mellett évenként kiadásra kerülő „szakirodalmi nivódij” fenntartását is azzal, hogy 1977-ben elsősorban a meteorológiai oktatás témakörét tárgyaló munka jöhet számításba díjazás tekintetében.

*Dobosi Zoltán* az ELTE Meteorológiai Tan-székének vezetője köszönetet mondott a Társaság vezetőségének és az OMSZ jelenlevő elnökének azért a támogatásért, amellyel az országos tudományos diákköri konferencia meteorológiai szekciójának munkáját segítették és lehetővé tették a legkiválóbb dolgozatok kitüntetését pályadíjakkal.

A tudományos tanács korábban tartott ülésén javasolta előadássorozat megindítását az 1977–1979. évi szakulésen. A választmány az előterjesztést megtárgyalta és az alábbiak szerint fogadta el:

1977-ben: A meteorológia helye a tudományok rendszerében (*Czelmai R.*). 1978-ban: A földi légkör keletkezése, fejlődése, jövője és jelentősége a földi élet szempontjából (*Béll B.*); Az éghajlat fogalma és a korszerű éghajlatkutatás (*Pécze Gy.*, korreferálók a városklímakutatás módszertani kérdéseiről *Popovics Ivánné* és *Probald Ferenc*); Éghajlati erőforrásaink és azok hasznosításának lehetőségei (*Szász G.*) 1979-ben: Kozmikus és szoláris hatások áttételes érvényesülése a földi időjárásban (*Koppány Gy.*); A meteorológia helye és tananyaga a korszerű természettudományi oktatásban (*Dobosi Z.*, a JATE és a KLTE

met. tanszékeinek közreműködésével); A GARP eredményei és Magyarország érdeklősége a globális légkörkutató programban (Götz G.).

A választmány határozata szerint továbbra is a munkaterv részét képezik a bejelentett társasági előadói ülések, az ifjúsági kör ülései, a szakosztályok és a területi csoportok szakülései. Az előadássorozat hatékonyságának fokozása érdekében az elnökség felhatalmazást kapott arra, hogy felvegye a kapcsolatot a Magyar Földrajzi Társasággal, az Eötvös Loránd Fizikai Társulattal, valamint további MTESZ társágesszűletekkel és a TIT meteorológiai-fizikai választmányával.

Az egyes előadások teljes anyagát a Társaság önálló füzetek formájában kiadja.

Az előadói programhoz kapcsolódva Láng Sándor professzor, a Magyar Karszt- és Barlangkutató Társulat elnöke „paleoklimatológiai ankét” megrendezését javasolta, a Magyar Földrajzi Társaság, a Magyar Geofizikusok Egyesülete, a Magyarhoni Földtani Társaság és a Biológiai Társaság közreműködésével. A választmány a javaslatot elfogadta, és elhatározta, hogy az ankétot az 1978. évi programtervbe felveszi. Megrendezésének irányítására és a szükséges koordináció biztosítására Dobosi Zoltánt, a tudományos tanács tagját kérte fel.

Az 1978. január 1-én érvénybe lépő tagdíj-módosítás előkészítésére a választmány Zách Alfréd, Czövek István és Kőrösi György személyében 3 tagú bizottságot jelölt ki.

Ez a bizottság az eddigi javaslatok és az MTESZ ezel kapcsolatos tájékoztatója alapján tervezeteket dolgoz ki, amelyet a választmány megvitát, majd e fogadásra a közgyűlés elé terjeszt.

Döntött a választmány az 1977. évi társasági kiküldetések ügyében: a VIII. Kárpát-meteorológiai Konferencián Dévényi Dezső vesz részt, és ott előadást is tart. A Meteorológiai Világszervezet által szervezendő a „Mérések és megfigyelési módszerek nemzetközi tudományos konferenciájára” kiküldendő személy ügyében az elnökség később dönt. Az NDK meteorológiai szolgálata által 1977 novemberében szervezendő biometeorológiai témaértekezletre Szakály József utazik a magyar delegáció tagjaként.

A napirend következő pontjaként a főtitkár ismertette az 1977. év második félévének előadás-programját, amelyet a választmány jóváhagyólag tudomásul vett.

A Magyar Karszt- és Barlangkutató Társulat levélben fordult a Társasághoz, kérve az 1978 szeptemberében megrendezésre kerülő nemzetközi karszthidrológiai konferencia megrendezésében való részvételt. A választmány megbízta a titkárságot, hogy az együttműködés részleteit tárgyalja meg és ennek eredményéről a következő ülésen számoljon be.

Zách Alfréd a repülésmeteorológiai szak-

osztály vezetőségének kiegészítéséről és a szakosztály munkaprogramjáról tett jelentést. A szakosztály elnöke: Vissz Károly, társelnöke: Papp Andor honv. őrnagy, titkára: Szalma János.

Kéri Menyhért az orvosmeteorológiai szakosztály szaküléséről és a szakosztály vezetőségének kibővítéséről adott tájékoztatót. A szakosztály elnöke: Kérdő István, társelnöke: Predmerszky Tibor, titkárok: Gajzágó László és Örményi Imre. A vezetőség munkáját öttagú intézőbizottság támogatja.

A választmány a szakosztályi vezetőségeket funkciójukban megerősítette, majd Boncz Józsefet, Gazsó Miklóst, Gál Zsuzsannát, Haszpra Lászlót, Honos Pétert, Kiss Árpádot, Putsay Máriát, Poór Juditot, Szalay Gabriellát, Jávör Mártát, Tischner Tibort és Tóth Lászlót a tagság soraiba fölvetette.

Szakály J.

\*

## A CUKORRÉPA FEJLŐDÉSÉNEK METEOROLÓGIAI FELTÉTELEI

Az MMT 1977. április 14-i ülésén Bozó Pál aspiráns, a Központi Előrejelző Intézet tudományos munkatársa a cukorrépa fejlődésének meteorológiai körülményeiről tartott előadást.

Az előadás első részében azokról az alapvető agroklimatológiai vizsgálatokról hallottunk amelynek alapján hazánkban kijelölhetők a cukorrépa termesztésére meteorológiai szempontból legalkalmasabb körzetek. Az előadó részletesen elemezte a napsütés, csapadék és a hőmérséklet együttes hatását a cukorrépa területi terméshatáira. Megállapította, hogy az általa létrehozott ún. relatív hidrotermikus indexszel jobban kimutatható a terméseredmények és az időjárási elemek közötti kapcsolat milyensége.

Az előadás második része a cukorrépa késő nyári fejlődésének meteorológiai szimulációjáról számolt be. Mivel a hazai agrometeorológiai kutatásokban szimulációs módszert még nem alkalmaztak, bevezetésképpen röviden vázolta a szimuláció szerepét a tudományos ismeretszerzésben, majd részletesen ismertette a felhasznált szimulációs modell elméleti alapjait és a számítási sémákat. A módszer hasznosságát az eredeti vizsgálatokban nem szereplő évvjárat szimulációján mérhettük le: igen szoros volt a kapcsolat a ténylegesen mért és a szimulált értékek között.

E módszer lehetővé teszi – hangsúlyozta az előadó –, hogy jobban megismerjük a cukorrépa fejlődésének dinamikáját, és ezáltal olyan fontos kérdésekre adjunk választ, mint pl. a betakarítás és a feldolgozás kezdete.

Az előadást követő vita során Aujeszky L., Gál E., Erdős L., Kéri M. és Szakály J. fejtette ki véleményét.

Vadasfalvyné Ajtay Á

## A KÖZELMŰLTBAN MEGJELENT METEOROLÓGIAI SZAKKÖNYVEK

### 1. A METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT HIVATALOS KIADVÁNYAI:

- XL. kötet: **A Balaton éghajlata — A Balaton térségének éghajlati jellegzetességei, hő- és vízháztartása, bioklimája** (Szerk.: BÉLL BÉLA és TAKÁCS LAJOS). Budapest, 1974. 316 B/5 lap. Ára vászonkötésben: 150,— Ft.
- XLI. kötet: **A meteorológiai mezők statisztikai szerkezete** (Szerk.: CZELNAI, R., L. S. GANDIN, W. I. ZACHARIEW). Orosz és német nyelven. Budapest, 1976. 364 A/4 lap. Ára füzve: 80,— Ft.
- XLII. kötet: **HAJÓSY FERENC, KAKAS JÓZSEF, KÉRI MENYHÉRT: A csapadék havi és évi összegei Magyarországon a mérések kezdetétől 1970-ig.** Magyar és német nyelven. Budapest, 1975. 356 A/4 lap. Ára füzve: 520,— Ft.

### 2. A METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT KISEBB KIADVÁNYAI:

40. szám: **MAJOR GYÖRGY: A Nap rövidhullámú sugárzásának elnyelődése a légkörben** (Angol nyelven). Budapest, 1976. 50 B/5 lap. Ára füzve: 25,— Ft.
41. szám: **AJTAY ÁGNES: A burgonyatermesztés agroklimatológiai feltételei Magyarországon** (Magyar és angol nyelven). Budapest, 1977. 32 B/5 lap. Ára füzve: 25,— Ft.

✱

Megrendelhető k

az Országos Meteorológiai Szolgálat Gazdasági Osztályán,  
1024 Budapest, Kitaibel Pál utca 1. Levélcím: 1525 Budapest,  
Postafiók 38.

## MEGJELENT

az Országos Meteorológiai Szolgálat Hivatalos kiadványaként  
a Magyarország Éghajlata sorozat 10. száma:

## A NAPSUGÁRZÁS MAGYARORSZÁGON 1958—1972

Szerkesztette: Dr. Major György

A 80 oldalas, 21 × 29 cm méretű sugárzási atlasz 65 többszínnyomatú térképen bemutatja a sugárzási összetevőknek (napfénytartam, teljes napsugárzás, szórt sugárzás, albedó és sugárzási egyenleg) havonkénti átlagos eloszlását az ország területén; ezzel párhuzamosan 24 táblázatban 12 állomáson a napsütés valószínűségének napi járását s az össz-sugárzás gyakorisági eloszlását, másik 24 oszlopdiagram a szórt sugárzás s a sugárzási egyenleg Budapesten mért napi értékeinek valószínűségét, gyakoriságát mutatja be. Külön érdeklődésre tarthat számot az a 48 diagram, amely a napsugárzásból az épületek négy fő égtáj irányába néző függélyes felületeire jutó energiamentiség napi összegeinek havonkénti gyakoriságát, átlagát és szórását ábrázolja, ugyancsak a budapesti mérések alapján.

Megrendelhető az Országos Meteorológiai Szolgálat Gazdasági Osztályán,  
1024 Budapest, Kitaibel Pál utca 1. Levélcím: 1525 Budapest, Postafiók 38.  
Ára: 110,— Ft

**AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT HIVATALOS LAPJA**  
**A szerkesztésért felel: dr. Szepesiné Lőrincz Anna**

---

Szerkesztőség: 1024 Budapest, Kitaibel Pál utca 1.  
Levélcím: 1525 Budapest, Pf. 38. Tel: 353-500

Kiadja a Lapkiadó Vállalat, Budapest VII., Lenin körút 9—11. Telefon: 221-285. Levélcím: 1906 Budapest, Pf. 223  
Felelős kiadó: Siklósi Norbert igazgató



77.1365 Athenaeum Nyomda, Budapest — Íves magasnyomás  
Felelős vezető: Soproni Béla vezérigazgató

Előfizetés: 1 évre 48 Ft, a Meteorológiai Társaság tagjainak 24 Ft. Beízetés a 232-90 171-2494 tagdíjbefizetési számlán. Megrendelhető: Az Országos Meteorológiai Szolgálat Pénzügyi Osztályán, 1024 Budapest, Kitaibel Pál utca 1. Levélcím: 1525 Budapest, Pf. 38. Megjelenik kéthavonként. Egyes szám ára: 8 Ft

---

INDEX: 26 361

**HU ISSN 0324—6329**