

IDŐJÁRÁS

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT FOLYÓIRATA

91. ÉVF. * 5. SZÁM * 1987. SZEPTEMBER—OKTÓBER

TARTALOM

<i>Gajar, B. – Lapin, M.:</i> A szlovák meteorológiai állomáshálózat optimalizálása (angolul).....	265
<i>Ferenczi Antal – Tókei László:</i> Természetes időjárási szakaszok elkülönítése cluster-analízissel	277
<i>Mezősi Miklós – Simon Antal:</i> Kísérlet automatizált meteorológiai mérőhálózat kifejlesztésére Magyarországon	284
<i>Mészáros Ernő:</i> A múlt klímaváltozásai a legújabb földtudományi kutatások tükrében	302
<i>Ambrózy Pál – Papp Éva:</i> Adatok a Balaton szélklímájához	309
Irodalom	317

CONTENTS

<i>Gajar, B. – Lapin, M.:</i> Optimization of the meteorological station networks on the territory of Slovakia (in English)	265
<i>Ferenczi, A. – Tókei, L.:</i> The adaptation of the Cluster-analysis for the separation of natural weather periods	277
<i>Mezősi, M. – Simon, A.:</i> Experiments for developing an automated meteorological measuring network in Hungary	284
<i>Mészáros, E.:</i> Past climatic changes as revealed by recent research in Earth sciences	302
<i>Ambrózy, P. – Papp, É.:</i> On the wind climate of Lake Balaton	309
Literature	317

JOURNAL OF THE HUNGARIAN METEOROLOGICAL SERVICE

VOL. 91. * NO. 5. * SEPTEMBER—OCTOBER 1987 * BUDAPEST

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata
Journal of the Hungarian Meteorological Service

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG – EDITORIAL BOARD

AMBRÓZY P. (Budapest)	MILOSHEV, G. (Sofia)
ANTAL E. (Budapest)	PRÁGER T. (Budapest)
BENGTSSON, L. (Reading)	PRUPPACHER, H. R. (Mainz)
BÖHME, W. (Potsdam)	RÁKÓCZI F. (Budapest)
BUDYKO, M. I. (Leningrad)	RENOUX, A. (Paris-Créteil)
CZELNAL, R. (Geneva)	ŠAMAJ, F. (Bratislava)
FISHER, B. (Leatherhead)	SPÄNKUCH, D. (Potsdam)
GEORGII, H. – W. (Frankfurt a. M.)	STAROSOLSZKY Ö. (Budapest)
GÖTZ G. (Budapest)	SZEPESI D. (Budapest)
GULYÁS O. (Budapest)	TAYLOR, F. W. (Oxford)
HAMAN, K. (Warsaw)	TÁNCZER T. (Budapest)
HUSAR, R. (St. Louis, Missouri)	VARGA-HASZONITS Z. (Budapest)
KAPOVITS A. (Budapest)	VITEK, V. (Prahá)
KONDRATYEV, K. YA. (Leningrad)	WHELPDALE, D. M. (Downsview, Ont.)
MAJOR GY. (Budapest)	WIRTH E. (Pécs)
MESINGER, F. (Beograd)	ZAHARIJEV, V. (Sofia)

Elnök – Chairman of the Editorial Board:

MÉSZÁROS ERNŐ (Budapest)

Szerkesztő – Editor:

SZEPESINÉ LŐRINCZ ANNA (Budapest)

Szerkesztőség: 1525 Budapest, Postafiók 38

Előfizetés: 1 évre 300 Ft. Megrendelhető: Az Országos Meteorológiai Szolgálat Pénzügyi Osztályán
1024 Budapest, Kitaibel Pál utca 1. Levélcím: 1525 Budapest, Pf. 38 Megjelenik kéthavonként.

Egyes szám ára: 50 Ft

Editorial Office: H – 1525 Budapest P. O. B. 38. This journal, published bimonthly can be purchased
from the distributor: KULTURA, H – 1389 Budapest, P. O. B. 149

The actual subscription rate is determined by the distributor

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata, 91. évf. 5. szám, 1987. szeptember – október
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 91, No 5. Sept–Oct 1987, Budapest

Optimization of the meteorological station networks on the territory of Slovakia

GAJAR, B. and LAPIN, M., *The Slovak Hydrometeorological Institute, 883 15 Bratislava,
Jeseniova 17, Czechoslovakia*

A szlovák meteorológiai állomáshálózat optimalizálása. A cikk röviden ismerteti a „Szlovák meteorológiai állomáshálózat optimalizálása” c. téma keretében végzett feldolgozást és a kapott eredményeket. Az eredmények alapul szolgálnak az állomáshálózat 1990-ig történő átalakítási tervéhez. A terv megadja az állomások szabályos területi eloszlását, figyelembe véve a közepes és minimális napi léghőmérséklet, valamint a napi csapadékmennyiség interpolációs hibájának távolságtól és tengerszint feletti magasságtól való függését. A terv kidolgozásakor az orográfiát és a terület gazdasági jelentőségét is figyelembe vették. Ezek a paraméterek ugyanis közvetve kifejezik a meteorológiai információk mennyiségével és minőségével szemben támasztott elvárásokat.

*

Optimization of the meteorological station networks on the territory of Slovakia. In this paper a brief description of the process of elaboration and results of the theme “Optimization of the meteorological station network on the territory of Slovakia” is given. The results obtained constitute the basis of the proposal concerning the project of station network reorganisation till the year 1990. The main feature of this project is to give regular territorial distribution of stations by taking into account the dependence of the interpolation error of mean and minimum diurnal air temperature and diurnal precipitation totals on the distance and difference of height above sea level of stations. In the procedure the orography and economic importance of the territory, which indirectly express potential demands on the quantity and quality of meteorological information, are also taken into consideration.

*

1. Introduction. Although the oldest regular meteorological observations were made on the territory of Slovakia already in the first half of the 18th century (Prešov 1717 – 1720), we can speak about the meteorological station network only since the year 1850. At present, on the territory of Slovakia (49 000 km²) there are 22 professional meteorological stations and observatories, 18 of which have synoptic programme. 103 stations have climatic programme with measurements at 07, 14 and 21 hours in mean local time. The total number of precipitation stations is 710 (with measurements at 07 also in mean local time). All these stations are regularly distributed on the territory, except the sites for air pollution monitoring, which are concentrated around the main emission sources. Besides the professional stations, all the other stations are operated by voluntary (amateur) observers. The density of climatological and precipitation stations is relatively high (average distance among the stations is 22 km, and 7 km respectively).

Efforts to rationalize the station network are as old as the network itself, but the first complex proposal for qualitative and quantitative station network reorganization on the territory of Slovakia was elaborated only in 1958 (Hrubeš and Briedoň, 1958). Actual questions of the effectiveness of financial means invested in meteorological service have also been taken into account since the end of the seventies. In the period of 1981 – 1985 this problem was investigated in the frame of the research task „Optimization of station network of meteorology and climatology”. Demands to solve this task could be summarized as follows:

a) It is necessary to solve the task by objective methods, results of which ought to be satisfactory for longterm development of station networks.

b) To optimize, as far as possible, the network on the whole territory of Slovakia.

c) Final project ought to consider existing measurements and observations and to take into account the demands of users from various branches of the national economy so that its realizers would get detailed and unambiguous information for reorganization and development of observation networks.

It is clear that the application of these demands to the orographically complex terrain of Slovakia raises various problems. In this paper we present the main results obtained by optimization of the network of precipitation and climatologic stations.

2. Mathematical methods of optimization

2.1. *Justification of the selection and description of the suitable method.* Optimization of the meteorological station networks by objective methods was developed by Drozdov and Shepelewskij (1946), while its practically applicable form was worked out by Gandin (1970). Czelnai et al. (1964) made significant contribution, mainly in the field of precipitation network optimization. Finally, Zachariev (1971) dealt with the application of these methods in the case of an orographically complex terrain.

The sources mentioned above formed basis for selection of the most suitable optimization procedures. Having analyzed information content, our technical possibilities, as well as results of elaboration of potential demands on meteorological information (Lapin, 1985), we decided to apply the method of “optimum interpolation error”, based on the theory of the local homogeneous and isotropic turbulence (Gandin, 1970). Parameters of the calculation were determined by the following way:

Let suppose that on m measurement points (stations) A_1, \dots, A_m n measurements are made. Each result (\tilde{f}_i) consists of two terms: $\tilde{f}_i = f_i + \delta_i$, where δ_i is the error of i -eth measurement, while f_i is the real value of the element. Then

$$\tilde{f}(A_j) = \tilde{f}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \tilde{f}_i(A_j), \quad (1)$$

is the sample mean at point A_j ,

$$\tilde{f}'_i(A_j) = \tilde{f}_i(A_j) - \tilde{f}(A_j). \quad (2)$$

is the deviation of the actual value from the mean at point A_j ,

$$\tilde{D}(A_j) = \tilde{D}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [\tilde{f}'_i(A_j)]^2 \quad (3)$$

is the sample data variance at point A_j ,

$$\tilde{m}(A_j, A_k) = \tilde{m}_{jk} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \tilde{f}'_i(A_j) \cdot \tilde{f}'_i(A_k) \quad (4)$$

is sample covariance function at point A_j, A_k , while

$$\tilde{\mu}(A_j, A_k) = \tilde{\mu}_{jk} = \frac{\tilde{m}(A_j, A_k)}{\sqrt{\tilde{D}_j \cdot \tilde{D}_k}}, \quad (5)$$

is the correlation function.

We determine the optimum interpolation error by using the following relations:

For the value of element field at point A_0 we can write that

$$f'_0 = p_1 f'_1 + p_2 f'_2 + \dots + p_m f'_m = \sum_{i=1}^m p_i f'_i \quad (6)$$

where p_i means the interpolation weights which are not determined beforehand. The standard error of this interpolation is

$$E^2 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m [(p_i f'_i + \delta_i) - f'_0]^2. \quad (7)$$

By reduction of this relation, by its derivation according to all the interpolation weights, with condition that all these derivations are equal to zero, as well as by other reductions we obtain the basic relation for optimum interpolation error

$$E_{\text{opt}}^2 = m_{00} - \sum_{i=1}^m p_i m_{i0}. \quad (8)$$

Assuming that $D_i = D_j = m_{00}$, by dividing of relation (8) by m_{00} we find

$$\varepsilon_{\text{opt}}^2 = 1 - \sum_{i=1}^m p_i \mu_{i0}, \quad (9)$$

what is an error in % of the variance. Relation (8) expressing an interpolation error in units of the element can be given by the following simple formula, what is obvious from (8) and (9):

$$E_{\text{opt}}^2 = m_{00} \left(1 - \sum_{i=1}^m p_i \mu_{i0} \right) \quad (10)$$

The parameters, entering the preceding calculations, were not indicated by the symbol “~”, because of presenting real values of elements and functions calculated on the basis of their values observed. We realized the procedure of the formation of “accurate” parameters according to the steps mentioned in the literature (Gajar and Matejka, 1986). Relations (8) to (10) can be used for calculation of the interpolation error in an arbitrary point of field.

As the real meteorological fields are not strictly homogeneous and isotropic, the task is very often simplified to calculate the error of the optimum interpola-

tion for the centres of gravity of simple geometric formations (the most frequently rectangular triangle or square), the apexes of which create the measuring points of an idealized station network. In the case of regular triangle network fulfilling the conditions of homogeneity and isotropy the correlation coefficient depends only on distance of stations x ($\mu_{ij} = \mu(x)$) and $D_i = D_j = m_{00}$. Assuming a constant error δ , relation (9) can be simplified as follows:

$$\varepsilon^2 = 1 - 3 p \mu \left(\frac{x}{\sqrt{3}} \right). \quad (11)$$

In this latter formula the interpolation weights are

$$p = \frac{\mu \left(\frac{x}{\sqrt{3}} \right)}{1 + 2\mu(x) + \tau^2}, \quad \text{where } \tau^2 = \frac{\delta^2}{m_{00}}. \quad (12)$$

Further, the relation (10) will be

$$E^2 = m_{00} \left(1 - 3 p \mu \left(\frac{x}{\sqrt{3}} \right) \right). \quad (13)$$

The calculation of the random error of measurements is a difficult problem. After serious analysis based on experimental sources, we extrapolated the autocovariance function of the time series of data measured to the zero point to gain information on the value of the random error (*Gajar and Matejka, 1986*). Moreover we used relations (11) and (13) for the calculation of the dependence of the interpolation error on the distance of the stations.

2.2. Choice of elaborated material and application of mathematical method. With regard to the capacity and technical requirements of the complex optimization solution of all meteorological elements (*Lapin, 1985*), we decided to choose the parameters according to the demands of the users. Obviously, air temperature and atmospheric precipitation totals are required as the most frequently ones. For the study the following meteorological elements were chosen: mean diurnal air temperature (T_m), maximum (T_{\max}), minimum (T_{\min}), minimum diurnal air temperature above the ground level (T_g) and diurnal precipitation totals (R).

On the basis of the recommended number of stations proposed by *Gandin (1970)*, we selected 53 stations on the territory of Slovakia, 15 of which are in lowlands or shallow hollows in the southern part of Slovakia and 26 ones in hollows situated in the central and northern parts of Slovakia. To obtain the vertical profiles stations with great differences in height above sea level were used. For the study we selected the data for the period of 1976–1978 from data stored in data bank and we elaborated data measured on each third day in different seasons of the year. In the case of precipitation, we used the 10-year period between 1971–1980 by dividing data into two groups (lowlands and hollows). The calculation for pairs of stations was made only in such cases when at least at one station measurable precipitation was observed (*Kagan, 1972*). The stations were selected and their structure was determined mainly according to the demands of the solution of the problem and its mathematical procedure. To obtain statistically significant complexes the stations in the territory of Slovakia were divided into two groups – lowlands and shallow hollows in one group, valleys,

hollows and hilly regions of the central and northern Slovakia in the second one. We obtained a sufficient number of input data inly by simplifying the structure. We assumed that the vertical profiles are characteristic at least schematically for the whole territory, for which we calculated the dependence of correlation coefficients on differences of height above sea level of the pairs of stations.

We were forced to simplify the procedure in order to fulfil homogeneity and isotropy demands so, that $\mu(x)$ and m_{00} could be used instead of individual correlation coefficients μ_{ij} and variance of pairs of stations D_i , respectively, in the relation (11) to (13). This means that optimization was limited to the evaluation of station network density and their discrete distribution was not determined.

2.3. *Obtained results.* From the point of view of longterm development of station networks, the main question is to what extent the results obtained are constant in time. For this reason we made elaborations for various periods. Results showed that differences are generally small in the case of temperature characteristics and although they are a little greater for precipitation, the variation of the interpolation error as a function of the distance was preserved. Final

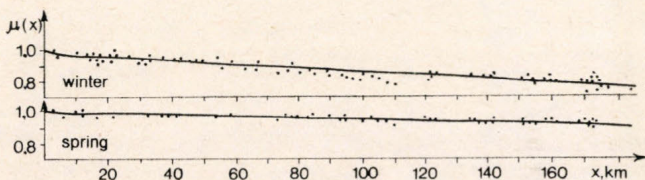


Fig. 1: Dependence of correlation coefficients $\mu(x)$ on the distance of stations x (lowlands) and on the difference of their height above sea level h , respectively, for T_m

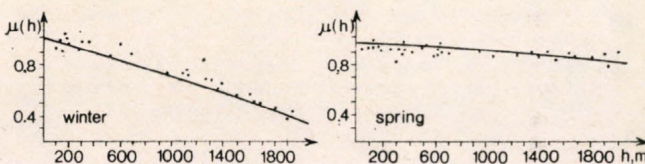


Fig. 2: Dependence of interpolation error E on the distance of stations x for T_m in the case of lowlands

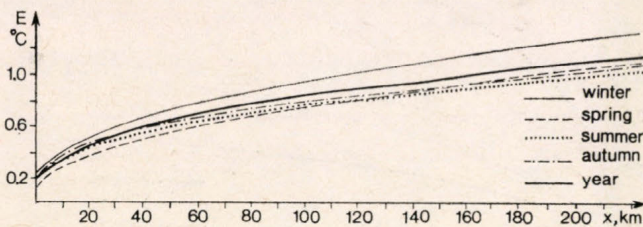


Fig. 3: Dependence of interpolation error E on the difference of height above sea level of station h for T_m

conclusion is that the results could be used for longterm planning of station networks (Gajar and Lapin, 1986).

It can be generally said, that the correlation function of temperature characteristics decreases only very slowly with the distance in lowlands and it differs only very little in individual seasons of the year. The variance of the correlation coefficient values is greater in winter and summer than in spring and autumn when it is insignificant. The most rapid decrease of correlation function is noticed in winter period and the slowest one in spring and autumn (Fig. 1). In hollows the variation of the correlation function is much more significant (mainly at smaller distance) and the variance of correlation coefficients (mainly in winter) is also greater. Comparing the individual temperature characteristics it is clear

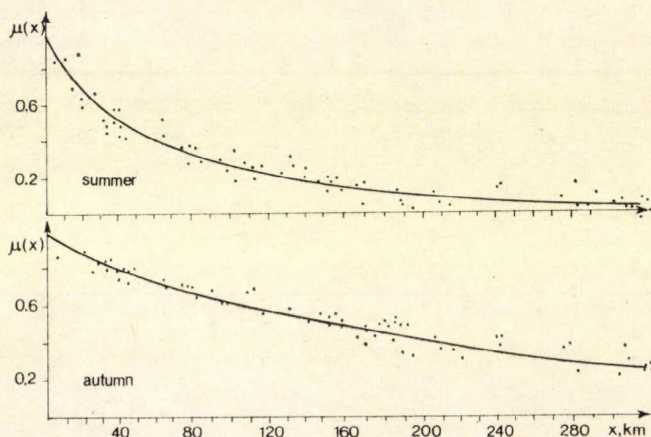


Fig. 4: Dependence of correlation coefficients $\mu(x)$ on the distance of stations x for precipitation in the case of lowlands

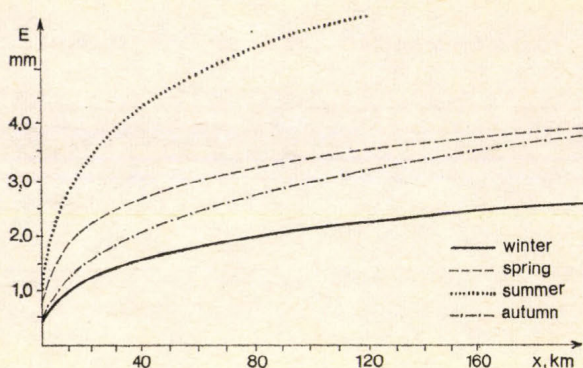


Fig. 5: Dependence of interpolation error E on distance of stations x for precipitation in the case of lowlands

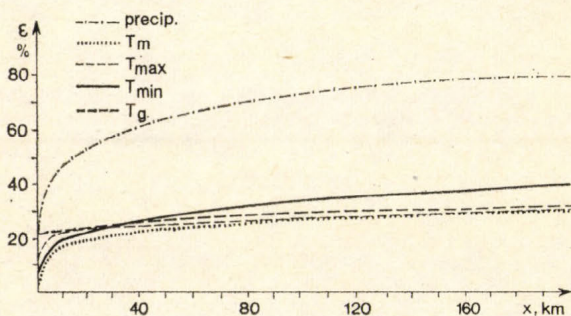


Fig. 6: Comparison of the variation of interpolation error ε as a function of the distance of stations x for hollows

that the most rapid decrease of correlation function can be found for T_{\min} and T_g , but the dependence of correlation coefficient on the difference of height above sea level is significant, mainly in winter and autumn. In hollows the variance of individual correlation coefficients is greater than in lowlands; it is especially significant in the case of T_{\min} in summer (Fig. 1) (Gajar and Zeman, 1985).

The differences are generally small in lowlands among the seasons of the year concerning the dependence of the interpolation error on the distance (Fig. 2). In hollows, the increase of the error by distance is substantially more significant with great deviations among the seasons of the year. We notice the greatest increase in winter for T_g and T_{\min} for T_{\max} in autumn). The greatest increase of interpolation error for vertical profiles is in winter and autumn (Fig. 3). So, we can expect a greater interpolation accuracy for T_m and T_{\max} (with the exception of T_{\max} in winter and autumn in hollows) than in the case of T_{\min} and T_g . T_g is loaded by a great interpolation error. For T_{\min} and T_g (T_{\max} only in hollows) also there is a significant random error of measurements (Gajar and Zeman, 1985).

The rapid decrease of the dependence on distance of stations and the significant differences among the seasons of the year are characteristic for the correlation function of precipitation. The greatest decrease appears in summer, the smallest one in autumn when the variance of individual correlation coefficients is surprisingly small (Fig. 4). The correlation functions are similar in hollows and lowlands, but in hollows the decrease by distance is more rapid and the variance of correlation coefficient is greater than in lowlands.

In the case of precipitation the interpolation error increases very significantly by distance and we can observe also great differences among the seasons of the year. The greatest increase is in summer and the smallest one in winter period (Fig. 5). The course of dependences is similar in hollows and lowlands but in hollows the increase of the interpolation error is more significant and the differences among the seasons of the year is greater than in lowlands (Gajar and Zeman, 1985).

The calculations of the interpolation error in percentage of the variance makes the comparison of temperature and precipitation characteristics possible. From Fig. 6 it is clear that to obtain similar interpolation error the station network for precipitation measurements should be manyfold denser in comparison with stations for air temperature measurements.

3. Potential demands on observation networks for meteorology and climatology

Following the decree of the Czechoslovak Government, from 1953 the Hydrometeorological Institute is obliged to establish and to keep observation networks according to the natural synoptic, climatic and hydrological regions, and to elaborate data from these networks on scientific basis. Slovakia is a mountainous country with varied geographic conditions, so an objective solution of network optimization is very difficult for this region. On the other hand, on the geographically complex terrain of Slovakia, the social-economic structure and the demands of users on meteorological information are also complicated. We project meteorological network for many decades and that is why it is necessary to know the potential demands of users from various branches of our national economy.

3.1. *Interest of users in meteorological information.* At present, the Slovak Hydrometeorological Institute issues approximately 1500 various climatological information per year (judgements, studies, analyses), and approximately 2500 various records of data observed. Interest is concentrated mainly in precipitation and dangerous events.

With effort to make our knowledge more accurate about present and perspective interest of users in meteorological information (with the exception of weather forecast), we distributed 3-page questionnaire to 100 economic and budget organizations (selected randomly from 300 various organizations) in 1983. We received 58 filled up questionnaires and only in three cases there was no interest in meteorological information. Most of them use or intent to use meteorological information frequently and regularly. There is also an equal interest in operative and climatological information, as well as in primary and elaborated data. From received questionnaires it is clear that 77% of organizations have interest in precipitation and air temperature, 55% in wind and snow cover. Only 12% of organizations have interest in visibility and 11% in phenological data. From the total number, 57% of organizations are interested in information in written form, 50% in phone information and only 11% have interest in telex information. Further, 21% of organizations are interested in yearbooks, 39% in monthly and 43% in weekly meteorological reports. Most of the organizations are agreed with proposed accuracy of interpolated data and others asked its improvement.

3.2. *Analysis of potential demands in meteorological information.* We endeavoured to use various sources to estimate the potential demands in meteorological information. Detailed analysis of potential development of physical-geographic and social-economic structures is presented in the Geographical Atlas of Slovakia (1980), in the Project of Urbanization of Slovakia (1983) and we took some information from statistic yearbooks.

The result of the evaluation mentioned was the elaboration of four schematic maps of Slovakia: a) potential of urbanization and development of the density of population, b) potential of the intensity of plant agriculture production, c) po-

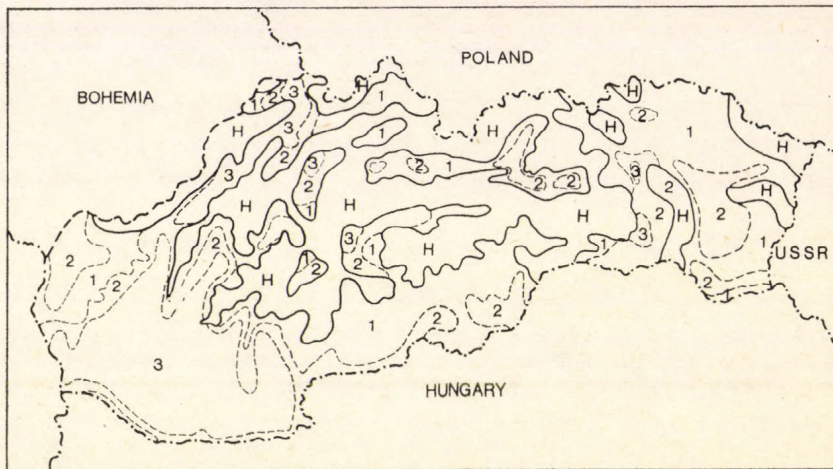


Fig. 7: Territorial distribution of mountain regions H and regions according to economic importance in lowlands, hollows and hill countries of Slovakia (3 – the most important, 2 – medium important, 1 – less important regions)

tential of the utilization of the water economy of the territory, *d*) potential of the utilization of the territory for recreation. A synthetic map of the territorial distribution of potential demands on meteorological information (*Fig. 7*) was prepared on the basis of these four maps. On this map it is illustrated that, in result of irregular potential development and national-economic importance of territory, the territorial distribution of demands on information is also irregular. We assume that dominant factors are the density of population closely connected with the intensity of social-economic activities of inhabitants as well as the intensity of plant agriculture production.

Besides of the information mentioned, it is necessary to take into account meteorological insurance of significant investment complexes of industry, transport and services, where there are expected demands on establishment of permanent meteorological stations. Locations of these complexes are more or less regularly distributed on the whole territory of Slovakia with moderate superiority in densely populated regions.

4. Project of optimized meteorological station network

The final step in the solution of the task and the first step in realization of the results is a proposal for optimized station networks, taking into account the following issues.

1. Continuity of observation series, mainly with regard to the long homogeneous time series of observations. A list of stations was elaborated containing 60% of the present meteorological stations and 29% of precipitation stations for preserving time homogeneity of measurements. This is important not only for the elaboration of climatic normales but also for research of climatic changes caused by anthropogenic and some other influences.

2. Methodic prescriptions and their assumed changes connected with observation system in station networks.

3. Parallel existence of station network with professional observers (now 22) and with voluntary (amateur) observers, which will exist at least till the year 2000.

4. Continuing distribution of data obtained from the station network for the elaboration of operative information (mainly forecasts) and climatological information (mainly judgements). It is supposed that in the future some corrections will be done to make operative data accurate also for climatological information.

5. Possibilities of the application of new measuring methods, mainly concerning automatization in station network and remote sensing (radars, meteorological satellites). Importance of these methods for project solution consists mainly in the fact that they help to improve significantly the accuracy of measurements in mountain regions and in regions with small density of population. They also improve the operativeness of data transmission to the centre as well as the operativeness and accuracy of precipitation intensity measurements in regions with not very complex terrain. By applying these methods the accuracy of the measurements of cloudiness parameters is also improved.

6. Several stations have been established with some special aims (airports, nuclear power stations, research bases). Thus their number and site can not be altered.

7. The system of the technical-organization for the operation of the station network must be secured and the economical possibilities of the meteorological service should be considered. Project ought to be realized within the existing real conditions.

8. The differences in admissible interpolation error of air temperature and precipitation measurements in different regions of Slovakia should be determined according to the geographical characteristics and potential demands of the national economy.

9. The structure of the connections among observation stations of various types (meteorological, precipitation, agrometeorological, phenological, air pollution and so on) is also important.

The points mentioned above do not need further explanation with the exception of point 8. In proposal of optimized network project it is supposed that alike

TABLE I.

Proposed admissible interpolation errors (E) and corresponding mean distances and differences of heights above sea level of stations (d) for measurements of diurnal air temperature (T_m), minimum diurnal air temperature (T_{min}) and diurnal precipitation totals (R) in individual regions of Slovakia, especially for data determined for elaboration of climatological and operative meteorological information, (H - mountains; V - hill countries; N - lowlands; 1, 2, 3 - economic importance of the regions)

Region	Data for regime meteorological information					
	T_m		T_{min}		R	
	E, °C	d, km/m	E, °C	d, km/m	E, %	d, km
H	1.0	13 /400	1.2	13 /350	60	10
V ₁	1.0	13 /400	1.2	13 /350	60	10
V ₂	0.9	7.5/330	1.1	10 /280	55	7
V ₃	0.8	5 /270	1.0	7.5/200	50	3
K ₁	1.0	13 /400	1.2	13 /350	60	10
K ₂	0.9	7.5/330	1.1	10 /280	55	7
K ₃	0.8	5 /270	1.0	7.5/200	50	3
N ₁	0.7	50	0.9	28	50	20
N ₂	0.6	30	0.8	17	45	15
N ₃	0.5	19	0.7	13	40	11

Region	Data for operative meteorological information					
	T_m		T_{min}		R	
	E, °C	d, km/m	E, °C	d, km/m	E, %	d, km
H	1.5	80/900	1.5	30 /600	70	30
V ₁	1.5	80/900	1.5	30 /600	70	30
V ₂	1.3	40/700	1.3	18 /450	65	18
V ₃	1.0	13/400	1.0	7.5/200	60	10
K ₁	1.2	28/600	1.2	13 /350	65	18
K ₂	1.1	18/500	1.1	10 /280	60	10
K ₃	1.0	13/400	1.0	7.5/200	55	7
N ₁	0.7	50	0.9	28	50	20
N ₂	0.6	30	0.8	17	45	15
N ₃	0.5	19	0.7	13	40	11

demands on meteorological data and information the territorial distribution of stations is also irregular. The density for different regions ought to be determined by taking into account the admissible interpolation error according to the structure given in *Table I*, with the exception of fixed stations with long observation series and special stations.

Let's divide the territory of Slovakia into 4 regions according to morphology: *a*) mountains, *b*) hill countries, uplands, *c*) hollows, *d*) lowlands, lower hill countries and lowland hollows. Let all mountain regions have the same national economic importance and in the other regions let select three subregions according to the national economic importance so, that there will be an increase of 100% in transition from one to another.

To secure measurements from technical-organization point of view, proposal of admissible interpolation error has been made with regard to the demands of users, as well as with regard to the possibilities of the meteorological service.

It should be noted that in hollows of Slovakia and in orographically complex terrain the variation of interpolation error as a function of the distance of stations, is substantially different from that calculated for open plain. Thus, in the case of the same interpolation error the mean distance of stations in hollows is 5 to 10 times smaller than in open plain. As we mentioned in the project proposal the density of station network, mainly in economically important hollows and hill country regions should be increased, at the expense of lowering of density of stations in lowlands.

5. Conclusion

Results of meteorological station network optimization on the territory of Slovakia demonstrate by an objective way that the regular distribution of the stations in the network must be given up. Optimized network should have irregular density of stations in dependence on the complexity of geographic and social-economic conditions. This is confirmed objectively by the relation between the value of interpolation error and the distance of stations. For obtaining this result the potential demands of users of meteorological information, based on questionnaire, were taken into account.

The present elaboration of temperature characteristics and precipitation confirms that for precipitation the network must be denser than for temperature. To reach the accuracy needed for precipitation measurements in economically important lowlands during summer, the development of remote sensing methods seems to be necessary.

Besides the networks for temperature and precipitation observations, in frame of the present research task the optimization of agrometeorological and phenological networks were also studied and similar results were obtained.

The results presented in this paper make it possible to improve the methods for the control of observational data and raise new views how to use meteorological information in the practice.

REFERENCES

- Czelnai, R., Dési, F. and Rákóczi, F.*, 1964: Determination of the rational density in a temperature observing network. *Időjárás* 68, 65–71.
- Drozdoz, O. A. and Shepelevskij, A. A.*, 1946: Teorija interpoljacii v stohasticeskom pole meteorologičeskiyeh elementov i jejo primenenije k voprosam meteorologičeskiyeh kart i racionalizacii seti. *Trudy NIU GUGMS*, serija 1, 13, 65–115.

- Gajar, B. and Lapin, M., 1986: Projekt optimalizovanej siete meteorologických, stanic SHMÚ. *Meteorologické zprávy 39*, (in print).
- Gajar, B. and Matejka, F., 1986: Problematika stanovenia disperzie náhodných chýb výsledkov meraní vybraných meteorologických prvkov. *Meteorologické zprávy 39*, (in print).
- Gajar, B. and Zeman, V., 1985: Problematika racionalizácie siete stanic na meranie teploty vzduchu na území SSR. *Meteorologické zprávy 38*, 41–49.
- Gandin, L. S., 1970: *The planning of meteorological station networks*. WMO No. 111, Geneva.
- Hrubeš, P. and Briedoň, V., 1958: Návrh na novú organizáciu staničnej siete poveternostnej služby Hydrometeorologického ústavu. In: *Sborník dokumentu z IV. celostátní meteorologické konference*. HMÚ, Praha.
- Kagan, R. L., 1972: Planning the spatial distribution of hydrometeorological stations to meet an error criterion. In: *Casebook on hydrological network practice*. WMO No. 324, Geneva.
- Lapin, M., 1985: Potencialne požiadavky na pozorovacie siete meteorológie a klimatológie v SSR. *Meteorologické zprávy 38*, 35–41.
- Zachariev, V., 1975: O racional'nom razmeščeniji meteorologičeskich stancij v Bolgarii. *Idžjárás 75*, 196–200.
-

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata, 91. évf. 5. szám, 1987. szeptember – október
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 91, No 5. Sep–Oct 1987, Budapest

Természetes időjárási szakaszok elkülönítése clusteranalízissel

FERENCZY ANTAL és TŐKEI LÁSZLÓ, Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem, 1502 Budapest, Pf. 53.

The adaptation of the Cluster-analysis for the separation of natural weather periods. We apply Cluster-analysis for grouping elements of object mass by their similarity with the elements having a strictly natural sequence. The objects of the research were the days of the year which were characterized by the deduced parameters of the daily temperature and the daily precipitation data. The natural periods can be determined by Cluster-versions in which we took the different number of the parameters into consideration while had to keep in view meteorological knowledge too. The main target of this work is to draw attention to the problems of Cluster-analysis adaptation when data are in strictly chronological order, and to publish only the experiences of the concrete analysis. The paper contains a method of qualification of Cluster-analysis adaptation.

*

Természetes időjárási szakaszok elkülönítése clusteranalízissel. A clusteranalízist, a szokástól eltérően, szigorú természetes sorrenddel bíró objektum-együttes elemeinek hasonlósági alapon történő csoportosítására alkalmaztuk. A vizsgálat tárgyát az év napjai alkotják, amelyeket azonos számú, a hőmérsékleti és csapadékadatokból levezetett paraméterrel jellemeztük. A természetes szakaszok elkülönítése a különböző clusterváltozatok eredményeire alapozva, a szakmai ismeretek szem előtt tartásával elvégezhető. Jelen tanulmány legfőbb célja azonban nem a végproduktum, azaz a kapott időjárási szakasz-rendszer elemzése, hanem az, hogy a clusteranalízis idősorokra történő alkalmazásának problémáira felhívja a figyelmet, és az elvégzett konkrét elemzésekből leszűrhető tapasztalatokat, az idősorokra vonatkozó clusterrendszerek minősítésének egy lehetséges módszerével együtt, közreadja.

*

Bevezetés. A sok paraméterrel jellemezhető meteorológiai objektumok elemzésének egyik lehetséges módja a valamely jól definiálható hasonlósági mérőszám alapján történő csoportosítás, a típusalkotás. Így egyetlen számértékre vagy egy vektor n -esre redukáljuk a változók számát. A típusalkotás, és az ezzel szorosan összefüggő analógiakeresés a meteorológiában igen gyakorta használatos módszer. Korábban a vizualitásra alapozott hasonlóság szolgált elsődlegesen a makroszinoptikus típusok meghatározására (Hess és Brezowsky, 1952; Péczely, 1955, 1961). Napjainkban széleskörűen alkalmazzák a clusteranalízist, mint objektív típusalkotó módszert. Elterjedését számos kül- és belföldi példa bizonyítja: Nyikolajev, 1976; Gulyás, 1977; Gulyás et al., 1977; Gadgil és Iyengar, 1980; Tutsek, 1983.

Idősorok elemeinek összefüggő egységeket alkotó clusterekre bontására azonban ezideig még nem alkalmazták az eljárást. A clusteranalízis ilyen célú alkalmazásának nehézsége abban rejlik, hogy egymást követő napokból álló természetes időjárási szakaszokat kellett a módszer segítségével elkülöníteni, mégpedig úgy, hogy a felhasznált időjárási paraméterek függvényében a leginkább hasonló napok hosszabb-rövidebb sorozatait kapjuk meg. A módszer a ha-

gyománys értelemben nem szolgáltat véglegesnek tekinthető clusterrendszert. Az eredmények azonban alapul szolgálhatnak objektívebb, és ami nagyon fontos, a korábbiaknál komplexebb elemzésnek. Ebben a vizsgálatban az objektumok együttesét az év napjai alkották. Az elemzés bázisa a napi középhőmérsékletnek és a csapadék napi összegeinek a Központi Meteorológiai Intézetben 1871–1970 folyamán mért, s belőlük számított sorozata.

Jelen tanulmány feladata elsődlegesen az, hogy a clusteranalízis idősorokra történő alkalmazásának tapasztalatait ismertesse. A feldolgozás tárgyát képező adatanyagon végrehajtott konkrét elemző munka eredményei, azaz az egyes szakaszok jellemzése, jelentős terjedelménél fogva, messze meghaladja e cikk kereteit, így ennek közlésére nem térhetünk ki.

1. Az év napjainak jellemzésére szolgáló paraméterek

A clusteranalízis szerkezetéből következik, hogy az osztályozás alapegységeit, jelen esetben az egyes napokat, azonos számú paraméterrel jellemezzük. Induljunk ki abból, hogy kezdetben az év minden napja önálló csoportot alkot. A csoportok sorszámát jelöljük i -vel. Az i -edik nap ismérvei a következők:

\bar{t}_i – az i -edik nap 100 év alapján számított középhőmérséklete;

s_{t_i} – az i -edik nap középhőmérsékleteinek szórása;

\bar{I}_A^i – az i -edik napi interdiurnus-változások algebrai összegének egy napra jutó hányada;

$R_i = a_{i+}/a_{i-}$ – a pozitív és negatív irányú interdiurnus-változások gyakoriságainak aránya;

d_i – az i -edik napon kezdődő csapadékos időszakok átlagos hossza napokban;

P_i – a 100 év során az i -edik sorszámú napon hányszor volt csapadék.

A napi középhőmérsékletek átlagának (\bar{t}_i) számításba vételét egyrészt a szakasz-középhőmérsékletek megállapítása tette szükségessé, másrészt ilyen módon zárhattuk ki, hogy egymástól irreálisan távol eső napok azonos csoportba kerüljenek.

A középhőmérsékletek szórása (s_{t_i}) a hőmérséklet átlagértékével együtt a napi középhőmérsékletek eloszlását jellemzi. E paraméter egyúttal a hőmérséklet stabilitásának évi menetét is visszatükrözi.

A valódi interdiurnus-változások napi középértékei (\bar{I}_A^i) az egymást követő napok középhőmérsékletei közötti kapcsolatot jellemzik. Valódi interdiurnus-változáson a légkör nélkülinek feltételezett Föld felszínére érkező sugárzás évi menetét leíró függvény transzformálásával nyert fiktív hőmérséklet-menethez viszonyított napi középhőmérséklet-változásokat értjük.

Az ilyen módon konstruált elméleti hőmérséklet-menet görbével sikerült kiszűrni azt a hibát, hogy a hőmérséklet-változásokat a mért adatokból levezetett görbéhez viszonyítsuk, amely már természeténél fogva magán viseli az anomáliákat okozó, rendszeresen visszatérő légköri jelenségek hatását (Tókei, 1984). A módszer további előnye, hogy kidomborítja a valóban természetes tendenciákat. A hőmérsékleti napi közepek kvázi egyenlősége u. i. nem feltétlenül jelenti az adott napok hasonlóságát is. Sőt ezzel az év nagyobbik részében (főleg az átmeneti évszakokban) éppen ellentétes értelmű.

R_i kifejezésre juttatja azt, hogy az adott napon milyen arányban számíthatunk meleg, illetve hideg advekciónak. Az interdiurnus-változás paraméterével

együtt arra is rámutat, hogy a hőmérsékletváltozás mértéke tekintetében melyik advekcio-típus a meghatározó.

Az ötödik paraméter (d_i) arra világít rá, hogy az év során az egyes napokon induló csapadékos időszakok mennyire markáns jelenségek. Ezen keresztül – az időjárási szakaszok kijelölésére alkalmazva –, az időjárás csapadékosá válásának jellemzésére szolgál. Fogalmazhatunk úgy is, hogy e paraméter rámutat azokra az időszakokra, melyek a leghosszabb csapadékos periódusok kiinduló pontjai.

Az utolsó, hatodik paraméter (P_i) az előzővel rokonértelmű, amennyiben az adott nap csapadékosra való hajlamát fejezi ki. Itt azonban nem voltunk tekintettel arra, hogy a vizsgált nap előtti napokon is volt-e csapadék vagy sem, csupán a csapadék ténye érdekelt bennünket. Mivel a megfigyelések száma $N = 100$, ebből következik, hogy a gyakorisági értékek százalékban kifejezett valószínűségekként is felfoghatók.

2. Az időjárási szakaszok elkülönítése clusteranalízissel

A clusteranalízis konstrukciójának megfelelően jelöljük $x_{1i}, x_{2i}, x_{3i}, x_{4i}, \dots, x_{6i}$ -vel az i -edik csoport megfelelő ismérveinek csoportátlagát ($i = 1, \dots, M$; ahol M a csoportok számát jelenti), (Anderberg, 1973; Gulyás, 1981). Kiinduláskor az x_{ji} ismérvek ($j = 1, \dots, 6$) az egyes napokhoz hozzárendelt, az előzőkben felsorolt hat paraméterrel azonosíthatók.

Definiáljuk két csoport eltérését a következő egyenlőséggel:

$$e_{ij} = \frac{n_i n_j}{n_i + n_j} [(x_{1i} - x_{1j})^2 + (x_{2i} - x_{2j})^2 + \dots + (x_{6i} - x_{6j})^2],$$

ahol n_i az i -edik, n_j a j -edik csoport elemeinek számát jelöli. Az e_{ij} mennyiségek definíciójuk szerint szimmetrikus mátrixot alkotnak ($e_{ij} = e_{ji}$), amelynek a főátlójában 0-ák állnak (A):

$$A = \begin{bmatrix} 0 & e_{12} & e_{13} & \cdot & \cdot & \cdot & e_{1M} \\ e_{21} & 0 & e_{23} & \cdot & \cdot & \cdot & e_{2M} \\ e_{31} & e_{32} & 0 & \cdot & \cdot & \cdot & e_{3M} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ e_{M1} & e_{M2} & e_{M3} & & & & 0 \end{bmatrix};$$

ahol M jelenti a csoportok pillanatnyi számát.

A módszer ezek után a következő. Válasszuk ki azt a két csoportot, amelynek az eltérés-mérőszáma a legkisebb. Egyesítsük ezt a két csoportot a kisebb indexű csoport helyén. Tegyük fel, hogy jelen esetben $i < j$. Így tehát az új, i -edik csoportba már két nap tartozik ($n_i = 2$). Az új csoport megfelelő paramétereinek csoportátlagait súlyozott átlagszámítással határozzuk meg:

$$x'_{1i} = \frac{n_i x_{1i} + n_j x_{1j}}{n_i + n_j},$$

$$\vdots$$

$$x'_{6i} = \frac{n_i x_{6i} + n_j x_{6j}}{n_i + n_j},$$

ahol i és j az egyesített csoportok indexe, a vesszős jelzés pedig arra utal, hogy ezek már az új, egyesítés utáni i -edik csoport átlagai.

Az összevonás elvégzése után az eredetihez képest eggyel kevesebb lesz a csoportok száma. Így a csoporttávolságokat újra kiszámolva, már eggyel alacsonyabb dimenziójú eltérés mátrixot kapunk

$$A = [e_{ij}]_{i,j=1,\dots,M-1}$$

A következő lépésben ismét összevonjuk a legkisebb eltérés-mérőszámot adó két csoportot, majd az eljárást előlről kezdjük.

Ha a program futását nem szabályoznánk, végül ahhoz az abszurd helyzethez jutnánk, hogy minden napot egyetlen csoportba sorolunk. Ezt elkerülendő, a programot úgy szerveztük, hogy a számítógép bizonyos csoportszám elérésekor álljon le az algoritmus folytatásával és írja ki a csoportokat, jellemző paramétereikkel együtt.

Az algoritmus szabályozásának alapjául az az éghajlattani törvényszerűség szolgált, amely szerint hazánk időjárásában öt – hét napos ciklikusság érvényesül (Bacsó, 1959). Ez a szakaszosság statisztikailag igazolható realitás, a periódusok hossza azonban évszakonként nagyon különböző lehet. Ennek ellenére a hatnapos időtartam átlagos szakaszhosszként egész évre vonatkoztatható. Ezzel a feltételezéssel élve, az év 366 napja $366/6 = 61$ ilyen természetes ciklust foglalhat magában. Ez jelentette az egyik támpontot a program szervezésekor.

A feladat megoldása szempontjából az összevonások sorrendisége is igen fontos információ, mert ez egyúttal a hasonlóság mértékének egyféle rangsorát jelenti.

Az imént leírtak indokolták azt, hogy végül is az algoritmust a 100-, 80-, 60-, 40-, 20-as csoportszám elérésekor leállítottuk, és a csoportok elemeit, valamint a csoportátlagokat kiírtattuk.

A természetes szakaszok elkülönítését két lépésben hajtottuk végre: az évet 20 – 20 napos átfedéssel két, egyenként 200 napos egységre bontottuk, és a csoportosítást külön-külön végeztük el. Ezáltal nagymértékben csökkent a felhasznált gépido, és ílymódon azt is elkerülhettük, hogy egymástól nagyon távoli – esetleg különböző évszakokhoz tartozó – napok egy csoportba kerüljenek.

A csoportosítást standardizált adatokkal végeztük, de azért, hogy elkerüljük az igen távoli napok összevonását, szükségessé vált valamelyik paraméter eredeti formában történő bevitele. A választás – kifejezett évi menete miatt – a hőmérséklet adatsorára esett, ez töltötte be a „vezérparaméter” szerepét. Választásunkat nem csupán a hőmérséklet évi amplitúdója és viszonylag kiegyenlített menete indokolta, hanem az is, hogy a hőmérséklet, mint éghajlati elem, kiemelkedő jelentőségű, a sugárzás és a csapadék mellett a legjellemzőbb éghajlatminősítő adat.

Sok információval szolgált az a módszer is, amelynek alkalmazásával az osztályozási eljárást négy alapadat-bázis kombináción is végrehajtottuk. Ezek a kombinációk a következők voltak:

1. A szakaszok elkülönítését a hőmérséklet két legjellemzőbb ismérévére ($\bar{t}_i; s_{t_i}$) alapoztuk.
2. Csak az első három adatsor ($\bar{t}_i; s_{t_i}; \bar{I}_A^i$) alapján végeztük el az osztályozást.
3. A csapadékra vonatkozó utolsó két paraméter ($d_i; P_i$) elhagyásával, kizárólag hőmérsékletre vonatkozó négy ismérvet vontunk be az analízisbe.
4. Valamennyi felsorolt paramétert bevontuk az analízisbe.

Ennek az eljárásnak legfőbb eredménye abban nyilvánult meg, hogy tanulmányozhattuk az újabb és újabb paraméter bevonásának hatását a szakasz helyzetére, illetve hosszúságára.

Tapasztalatunk szerint az alapadat-bázis bővítése a szakaszok 70%-át érintette, a csoportok struktúrája jelentősen megváltozott.

3. A clusterváltozatok minősítésének módja

Azért, hogy ezeknek a futtatási változatoknak az eredményeit, a kialakult csoportok homogenitásának alakulását számszerűsíthessük, bevezettük a J_k^1 -lel jelölt, „jósági” tényezőnek nevezett mennyiséget, amelyet a következő egyenlőség definiál:

$$J_k^1 = \frac{M_k^1 - V_k^1}{M_k^1 - m_k^1};$$

ahol: V_k^1 jelenti a csoportok (szakaszok) legnagyobb és legkisebb sorszámú napjai közötti távolságok összegét, azaz:

$$V_k^1 = \sum_{i=1}^k (m_i - n_i);$$

ahol i a csoportok indexe (sorszama); m_i , ill. n_i a csoport legnagyobb, ill. legkisebb sorszámú napjainak természetes kódja ($1 \leq m_i, n_i \leq 367$);

m_k^1 – adott l elem esetén, k csoportot képezve egyenlő a V_k^1 értékek minimumával;

M_k^1 – adott l elemet k csoportba sorolva egyenlő a lehetséges V_k^1 értékek maximumával ($m_k^1 \leq V_k^1 \leq M_k^1$).

Bizonyítható, hogy l elemet k csoportba sorolva ($k \leq l$)

$$m_k^1 = l - k,$$

$$\text{illetve } M_k^1 = k(l - k).$$

A jósági tényezőre a definíció értelmében fennáll, hogy $0 \leq J_k^1 \leq 1$, és minél közelebb áll egyhez, annál jobb a csoportosítás, mivel a csoporton belül az elem-sorban egyre kevesebb a szakadás. Ilyen módon a J_k^1 mennyiségek alkalmasak a clusterváltozatok minősítésére. Az egyes kombinációkra adódó J_k^1 értékeket az I. táblázat tartalmazza.

I. TÁBLÁZAT

Az egyes clusterváltozatok J_k^1 értékei

Csoportszám	6 változós	4 változós	3 változós	2 változós
100	0,89	0,90	0,96	0,96
80	0,87	0,89	0,96	0,96
60	0,84	0,87	0,96	0,96
40	0,80	0,84	0,96	0,96
20	0,74	0,79	0,97	0,96

A táblázat adataiból kitűnik, hogy a hőmérsékletre vonatkozó első három változóra elvégzett osztályozás, a clusterok számától függetlenül, igen egységes clusterrendszerhez vezetett. A negyedik (R_4) változó bevonása az analízisbe már

a legnagyobb (100-as) csoportszám esetében is sokat rontott a csoportok összefüggőségén. A clusterek számának csökkenésével a J_k^1 értékek exponenciális jellegű csökkenést mutatnak. Az újabb két változó (d_i, P_i) bevitele az előzőkhöz képest már csak jelentéktelenebb torzulást eredményezett a clusterek homogenitásában, a csoportszámmal való csökkenés jellege azonban megmaradt. Következésképpen a felhasznált hat változó közül az interdiurnus-változások gyakoriságainak aránya a legingadozóbb, a legkevésbé ennek van határozott évi menete.

Arra a kérdésre, hogy a J_k^1 tényező mely értékei esetén tekinthetünk egy osztályozást feldolgozásra alkalmasnak, egzakt választ adni lehetetlen, mivel minden változat hordoz magában értékes információt. Tapasztalatunk szerint, és a meteorológiai-szakmai megfontolások alapján is azt mondhatjuk, hogy egy osztályozás már igen jól értékelhető, ha $J_k^1 \geq 0,95$.

Amint a táblázatunkból is kiolvasható, a megadott $J_k^1 \geq 0,95$ kritériumnak a hat- és a négyváltozós cluster-változat nem tesz eleget. Ennek ellenére ezek mégsem tekinthetők használhatatlannak, mert:

– Ezek a változatok maguk is rávilágítottak néhány olyan, a csoportelemek közötti igen szoros összetartozásra, kapcsolatra, amelyek a szakaszok végleges rendszerének megállapításakor segítségünkre voltak.

– Az eljárással kideríthető volt, hogy mely elemek okozzák leginkább a szakaszok szakadásos jellegét (csapadékos nap gyakorisága, a pozitív és negatív irányú interdiurnus-változások aránya).

– Kidomborították a csapadéknak a szakasz-alkotásban betöltött szerepét. Néhány esetben éppen ezeknek a cluster-változatoknak a felhasználásával volt lehetséges az egyébként homogénnek tűnő hosszú szakaszok több egységre bontása.

Természetesen a cluster-változatoknak az előzőkben definiált J_k^1 tényezővel történő minősítése csak abban az esetben értelmezhető, ha az osztályozni kívánt elemeknek szigorú természetes sorrendjük van. Ez a feltétel esetünkben értelemszerűen teljesül, mivel egymást követő napokról van szó, és a szakaszok képzésekor megköveteljük, hogy ezek egymást szakadásmentesen követő napok sorozatai legyenek.

4. A clusteranalízis klimatológiai alkalmazásának tapasztalatai

A clusteranalízis alkalmazásával kapcsolatos tapasztalatainkat a kövekezőkben foglalhatjuk össze:

– Az eljárás alkalmas természetes sorrenddel bíró halmazok (idősorok) osztályozására is, ha biztosítani tudjuk az algoritmus szabályozását, például egy jól megválasztott vezérparaméter beiktatásával.

– Célszerű a vezérparamétert standardizálás nélkül, természetes egységekben szerepeltetni a változók között. Sok esetben a természetes sorrend szerint egymástól távoli elemek egy csoportba sorolásának is lehet reális, fizikai alapja. Ilyenkor azonban elengedhetetlen az alapos szakmai mérlegelés.

– A kizárólag standardizált értékekre alapozott analízis is rávilágíthat bizonyos ciklikus jelenségekre. (Ilyennel magunk is találkoztunk: a hatváltozós osztályozás, főleg a késő tavaszi időszakban, szolgáltatott olyan csoportot, amelynek elemei között rendre 6 nap különbség volt.)

– Periódikus változókat is magában foglaló elemek csoportosításakor célszerű az osztályozást részletekben elvégezni. Mégpedig úgy, hogy az elemszámtól és a periódushossztól függő átfedéssel, félperiódusú egységekben történjék a feldolgozás.

Ennek az eljárásnak természetesen csak akkor van értelme, ha a félperiódus hossza ($\lambda/2$) sokszorososa a kívánt átlagos h szakaszhoossznak, azaz $h \ll \lambda/2$.

— Az is ajánlható továbbá, hogy a kívánt szakasz-számnál több, ill. az annál kevesebb csoportot tartalmazó felbontásokat is vizsgáljuk meg. Ezen keresztül az összetartozás szorossági sorrendjére deríthető fény.

5. Következtetések

Az előző részben megfogalmazott tapasztalatok figyelembevételével a clusteranalízis alkalmazható idősorok egyidejű, komplex elemzésére. Így a bemutatott vizsgálati módszer az éghajlatkutatás eszköztárának egy újabb elemeként fogható fel. Az eljárás alkalmas az időjárási rendszerek, és ezen belül kiemelten a szingularitások feltárására. Ennek révén hasznos eszköze lehet az éghajlatok összehasonlításának is.

Az elmondottak egyúttal arra is rámutatnak, hogy a módszer milyen módon fejleszthető tovább. Az előrelépés legkézenfekvőbb módja az lehet, hogy a komplexitás kiteljesítése érdekében növeljük a vizsgálatba bevont meteorológiai elemek számát. A kutatás térbeli kiterjesztése révén a meteorológia több területén alkalmazható ismeret birtokába juthatunk.

IRODALOM

- Anderberg, M. R., 1973: *Cluster analysis for applications*. Academic Press, New York, London.
- Bacsó N., 1959: *Magyarország éghajlata*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Gadgil, S. and Iyengar, R. N., 1980: Cluster analysis of rainfall stations of the Indian peninsula. *Quart. J. R. Met. Soc.* 106, 873–886.
- Gulyás O., 1977: Az analógia fogalma és felhasználása típusok képzésére I. rész. *Időjárás* 81, 11–18.
- Gulyás O., Légrády G. és Szlachányiné Bartholy J., 1977: Az analógia fogalma és felhasználása típusok képzésére II. rész. *Időjárás* 81, 346–351.
- Gulyás O., 1981: Fejezetek a matematikai statisztika meteorológiai alkalmazásaiból. *Meteorológiai Tanulmányok No. 34*. OMSZ Budapest.
- Hess, P. und Brezowszky, H., 1952: *Katalog der Grosswetterlagen Europas*. Berichte des Deutschen Wetterdienstes 33. Bad Kissingen.
- Nyikolajev, J. V., 1976: *Klasszifikacija gidrometeorologiceszkih processzov sz pomosju EVH*. Hidrometeoizdat, Leningrad.
- Péczely Gy., 1955: A makroszinoptikus helyzetek tipizálása Magyarország számára. *Időjárás* 59, 212–217.
- Péczely Gy., 1961: *Magyarország makroszinoptikus helyzeteinek éghajlati jellemzése*. OMI Kiseb Kiadványai 32, Budapest.
- Tőkei L., 1984: Az évi időjárás természetes szakaszai Magyarországon. *Egyetemi doktori értekezés*. ELTE TTK Meteorológiai Tanszék, Budapest.
- Tutsek E., 1983: Szélmezőtípusok előállítása clusteranalízissel. *Időjárás* 87, 38–51.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata, 91. évf. 5. szám, 1987. szeptember – október
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 91, No 5, Sep–Oct 1987, Budapest

Kísérlet automatizált meteorológiai mérőhálózat kifejlesztésére Magyarországon

MEZŐSI MIKLÓS és SIMON ANTAL, Országos Meteorológiai Szolgálat, H–1525 Budapest, Pf. 38.

Experiment for developing an automated meteorological measuring network in Hungary.
The authors review the historical background of the automation of meteorological observations, especially the efforts accomplished by the Hungarian Meteorological Service in this field. In the last years it became possible to realize a microcomputer-based meteorological measuring system, financially supported by the National Board for Technical Development, with the active co-operation of the GAMMA Works as potential manufacturer, the Budapest Technical University and the Meteorological Service. The paper deals with the general requirements of the project entitled as „METEOR-2” as well as the hardware and software components of the system. The authors present the result of a long-term comparison of the new sensors with the conventional types, aiming to ensure consistency between historical data sets and those of obtained by new sensors. A successful attempt was made during the project to automate the generation of certain codes in the present and past weather groups of the synoptic reports, too. The operational experiences of the new system are rather favourable, except its technical reliability which needs further improvement.

*

Kísérlet automatizált meteorológiai mérőhálózat kifejlesztésére Magyarországon. A szerzők bevezetőben áttekintik a meteorológiai megfigyelések automatizálásának történelmi előzményeit, majd részletezik az Országos Meteorológiai Szolgálatban végzett automatizálási munka főirányait és eredményeit. Az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság támogatásával, a GAMMA Művek fővállalkozásában, továbbá a Budapesti Műszaki Egyetem és az OMSZ aktív szakmai részvételével az elmúlt években lehetőség nyílt mikroszámítógépre alapozott meteorológiai mérőrendszer megvalósítására. A dolgozat ismerteti a fejlesztéssel szembeni általános követelményeket, valamint a METEOR-2 elnevezésű berendezés hardware és software rendszerét. A vizsgálatok kitérnek az érzékelők részletes értékelésére, figyelembevéve, hogy a továbbra is homogén adatsorok érdekében az új típusú mérőeszközök adatai és a történeti adatsorok között konzisztenciát kell biztosítani. A szerzők sikeres kísérletet tettek a jelen- és elmúlt időjárás egyes kódjainak automatizált előállítására is. A kísérleti mérőhálózat üzemeltetési tapasztalatai többnyire pozitív eredményt adtak, kivéve a berendezések megbízhatóságát, ami még tökéletesítésre szorul.

*

Bevezetés. Az elmúlt két évtizedben a világszerte fokozódó törekvés a felszínbázisú meteorológiai megfigyelések minél szélesebb körű automatizálása iránt távoli előzményekre nyúlik vissza. Az 1874-ben Párizsban rendezett Világkiállítás egyik szenzációja a holland *Buys-Ballot* és *Olland* által kifejlesztett *telemeteorográf* (*Snellen*, 1896) volt. A bemutatott berendezés az 560 km-re levő Mont Blanc csúcsán mért időjárási adatokat a kiállítás területén folyamatosan regisztrálta. Az adatátvitel egyetlen érpáron bonyolódott le.

Az Olland-készülék előzményei között említhető az első *regisztráló meteorográf*, amelyet *Changeux* és *Ons-en-Bray* 1780-ban készített még teljesen mechanikus elven. Az elektronika és a távközlés fejlődése a múlt század hatvanas éveiben új utat nyitott. Ezt felismerve elsőként 1867-ben az olasz *Secchi* Párizsban bemu-

tatott egy *univerzális meteorográfot*. Ez azonban olyan bonyolult és költséges műszer volt, hogy gyakorlati alkalmazásra nem kerülhetett.

A későbbi évek során számos hasonló kísérlet történt. A fentebb már említett Olland továbbra is fontos szerepet játszott. Rajta kívül távjelző meteorológiai műszereket konstruált ebben az időszakban a svéd *Thorell* és *Sörrensen* 1871-ben, a belga *Van Rysselberghe* 1875-ben, valamint az olasz *Cerebotani* 1888-ban. Különösen említésre méltó, hogy Van Rysselberghe a technikai lehetősége láttán 1882-ben javaslatot tett a Nemzetközi Meteorológiai Bizottságnak (a WMO elődjének), hogy minden ország építsen ki *telemeteorográf* hálózatot egy nemzeti központtal és a központok cseréljék ki adataikat. Ez a nagyszabású és előremutató terv a mai *World Weather Watch* globális megfigyelő rendszerének egyik előhírnöke volt (*Kleinschmidt*, 1935).

A rádiós, szárazföldi automata meteorológiai állomások gondolatát a Szovjetunióban 1928-ban rendezett 2. Poláris Konferencián *Molcsanov* vetette fel. Az általa tervezett automata állomások 1930–31-ben kezdték sugározni az időjárás táviratokat a Pamír-fennsíkrol és a Ferenc József-földről.

A II. világháború idején a német haditengerészet úszó időjárás bójákat használt az aktuális időjárás elemek mérésére az Atlanti óceánon. Az Egyesült Államokban az első automatizált mérőhálózatot a hurrikánok figyelésére 1945-ben telepítették, egyidőben az Ontario-tóra kihelyezett úszó bójákkal.

A WMO 1977-ben közzétett statisztikája szerint a tagállamok 55 féle, különböző típusú, összesen 2300 db állomásról, automatizált mérőhelyről nyertek időjárás információt telemetriával. Ezidőben a Szovjetunióban 470, az Egyesült Államokban 370 automata állomás üzemelt.

Az elmúlt évtizedben több európai szolgálat helyezett üzembe komplett, igen fejlett technikára épített automatizált mérőhálózatot. A nevezetesebbek: ANETZ (Svájc), PROMIS (Svédország), METEODAT-S (Ausztria), továbbá Angliában a WÁISÄLÄ-cég szinoptikus állomásaiból álló hálózat stb. Kanadában jól működik a READAC, az USA-ban pedig többféle gyártmányú mezo-hálózat. A felsorolt típusok természetesen kereskedelmi forgalomban is kaphatók.

A fejlesztések történetét áttekintve, a legutóbbi időpontig négy automata meteorológiai állomás-generációt lehet megkülönböztetni (*Höhne*, 1986; *Höhne et al.*, 1986).

Az *első generációba* sorolhatók a tisztán mechanikus elemekből kialakított rendszerek, amelyekhez azonban már elektromechanikus egységek is tartoztak.

A *második generációban* elektromos reléket és léptetőmechanikai egységeket alkalmaztak. A fejlesztés ezen iránya az ötvenes évek végét jellemezte.

A *harmadik generációs* rendszerek már germánium, vagy szilícium bázisú diszkrét félvezető elemeket tartalmaztak. Egy későbbi fázisban ugyanezen kategórián belül megjelentek az alacsony és közepes integráltságú félvezető áramkörök is, de ezen elemek érzékenysége a környezeti hőmérsékletre és a külső mágneses térre komoly problémát jelentett. Az ilyen elemekből épített berendezéseket a hatvanas évek közepéig alkalmazták.

A jelenlegi, *negyedik generációs* automata meteorológiai állomások, állomásrendszerek, illetve -hálózatok fejlesztésére a programozható mikroszámítógépek célfelhasználása a jellemző. A korábbiakhoz képest a berendezések új eleme a software széleskörű alkalmazása. Ezáltal a berendezésekben számos folyamat párhuzamosan működtethető, így e műszerek az azonnali, vagy korábbi mérési adatokon kívül már előfeldolgozott információt is előállítanak és az emberi mérő-észlelő tevékenység egyes komplexebb folyamatait is utánozni tudják.

Alkalmazás tekintetében az automata meteorológiai állomások két fő típusa különböztethető meg:

- a *real-time*, vagyis azonnali-, egyidejű hozzáférésű állomások és
- a *non real-time*, nem egyidejű adatfelhasználást lehetővé tevő állomások.

Az első kategóriába a szinoptikus, a repülőtéri és a felügyeleti célú állomások, míg a másodikba az éghajlati és kutató állomások sorolhatók.

Hazai előzmények

Az Országos Meteorológiai Szolgálaton belül már a hatvanas évek legelején intézkedések történtek az automatizálás megvalósítására. Létrehoztak olyan szervezetet is, amelynek fő feladata volt a műszerkonstrukció (Mezősi, 1963; 1965).

1963-ban tanulmány készült automatikus szélmérő hálózat felállításának meteorológiai kérdéseiről a Balaton körzetében (Czelnai et al., 1963). E dolgozat szerint a balatoni viharjelzés lokális, real-time szélinformációt nemcsak tájékoztatási és előrejelzési céllal igényli, hanem azért is, hogy alap legyen a kiadott riasztások pontosabb verifikálására. Az elképzelés több lépésben valósult meg; 1964-ben elkészült az *első távjelző szélmérő műszer*, amely a nyári félévben Balatonfüredről Siófokra folyamatosan sugározta rádióan a pillanatnyi széladatokat (Barát, 1972; Bereczky, 1972; Szűcs, 1964; 1968). Ez a műszer 1974-ig volt üzemben, majd átadta helyét a hat állomásból álló balatoni távszélmérő rendszernek, amely azóta is minden évben májustól szeptember végéig üzemel (Galló és Mezősi, 1971; Mezősi, 1972). Ez a rendszer további fejlesztés alatt áll, részben azért, hogy a szélparamétereken kívül más meteorológiai elemek rendszeres automatikus mérése is lehetővé váljon. Másrészt a tó partvonalától távolabb a távjelző állomásoknak egy második gyűrűje kerülne kiépítésre. E munkával egyidejűleg érzékelők és elektronikus jelfeldolgozó áramkörök fejlesztése is megindult (Czelnai, 1964; Czeiner, 1972; Czeiner és Major, 1974), melynek során pl. albedo regisztráló műszer készült (Mezősi és Simon, 1967).

A célautomaták egy másik válfaja az időjárásradarok kvantitatív hitelesítésére tervezett referencia távjelző csapadékmérő hálózat volt. A nyilvános telex-hálózaton elérhető automatizált csapadékmérő fejlesztése 1975-ben kezdődött meg, s az első konkrét csapadék távmérési kísérletre 1980 tavaszán került sor. A mérőérzékelő a Hellmann mechanikus csapadékíróból fejlesztett elektromechanikus átalakító volt (Mezősi, 1981; 1984).

A csapadéktávméréssel egyidejűleg történt a párolgás és az evapotranspiráció mérésének automatizálása is. A kialakított billenőedényes utántöltő érzékelőrendszer a gyakorlatban igen jó mérési eredményeket szolgáltatott (Galló és Posza, 1979).

Expedíciós jellegű feladatoknál szükséges egy hordozható, gyorsan telepíthető, a környezeti és klímaártalmakat jól tűrő *tábori meteorológiai állomás*. Erre a célra a GAMMA Művek gondozásában, meteorológusok véleményezésével, a hetvenes évek közepére elkészült az AM-10 jelzésű állomás. A műszer három szintben hőmérsékletet, egy szintben pedig légnyomást, relatív nedvességet, szélirányt és sebességet mér. Ez a távmeteorológiai állomás, – amely kereskedelmi forgalomban is kapható – alkalmazható önállóan, vagy mérőhálózatban (Márkus, 1984; Mezősi és Simon, 1981/b; 1984).

A fejlesztés egy másik ága a sok érzékelőt központilag kiszolgáló elektronikus adatgyűjtő berendezések kialakítása volt. 1968-ra megvalósult egy harmadik

generációs elemeket felhasználó *digitális adatgyűjtő berendezés* (Mezősi, 1968; 1970/a; 1970/b), amely a csatlakozó maximum 59 – analóg, vagy digitális érzékelőt kezelő – mérőhely aktuális adatait lyukszalagon regisztrálta. Ez az adatgyűjtő terepklimatológiai méréseknél került gyakorlati alkalmazásra. A berendezés integrált áramkörökkel fejlesztett változata a mai napig jól szolgálja a szarvasi obszervatórium mérőtornyának érzékelőit, az adatokat szintén lyukszalagon rögzítve (Galló – Wessely, 1978; Galló, 1981/a.; 1981/b.). Hasonló elvű, már továbbfejlesztett, jobban integrált változat üzemel a debreceni Kossuth Lajos Tudományegyetem síkfőkúti kísérleti telepén.

A felsorolt fejlesztések tervezési, szervezési és üzemeltetési tapasztalatai alapján merült fel a negyedik generációs elemekre alapozott automatizált meteorológiai mérőhálózat megvalósításának gondolata (Mezősi, 1977; Kozák, 1978; Mezősi és Simon, 1981/a; Hanák és Szenn, 1984).

Fejlesztési követelmények

Az automatikus meteorológiai állomások alkalmazását az egyes szolgálatokban más-más szempontok indokolják. A megfigyelések részleges, vagy teljes automatizálásának célja az alábbi öt pontban foglalható össze (Mezősi és Simon, 1980):

- mérési adatok szerzése adatszegény, nehezen hozzáférhető területekről;
- adatgyűjtés rövid hozzáférési idővel (szél-, vagy csapadék riasztás, viharjelzés stb.) now-casting céljára;
- a személyzet tehermentesítése főállomásokon, észlelők pótlása klímaállomásokon;
- az észlelés költségeinek csökkentése (ahol a munkaerő drága), vagy a munkaerőhiány;
- a megfigyelések egységességének növelése (szubjektív hibák kiküszöbölése).

Az automata állomások fejlesztésében jelenleg két fő irányzat érvényesül:

a) Minden hagyományos (műszeres és műszer nélküli, vizuális) észlelés automatizálásának megkísérlése, beleértve ebbe pl. a borultság, a felhőfajta vagy a jelen időjárás meghatározását is. E célkitűzés elérésének műszaki nehézsége és rendkívüli költségessége nyilvánvaló.

b) A megfigyelőhálózat funkcióinak átalakítása oly módon, hogy a felszíni automata állomások, a műholdak és az időjárási radarok kiegészítő információval együtt nyújtsanak térben és időben részletesebb, a hagyományoshoz képest más rendszerű, de azzal egyenértékű, ill. jobb információt. Ez a komplex automatizálásnak nevezett irányzat nem törekszik a műszeresen nehezen kezelhető elemek automatikus mérésére.

A második, messzemenően célszerűbb és realisabb irányzat azonban felvet egy új problémát: az automatizált és a konvencionális módszerekkel szerzett adatok konzisztenciájának kérdését. Az automatizált mérések széles körű bevezetésével tehát sürgetően szükségessé vált ezen új típusú megfigyelések nemzetközi összehangolása és egységesítése. Ellenkező esetben az automatikus meteorológiai állomások adatainak cseréje komoly akadályokba ütközhet.

Az új technika lehetőségeinek kihasználása a következő tendenciákhoz vezet:

- Az automatizált meteorológiai állomások központi egysége általában mikroprocesszoros kialakítású. Ez a megoldás a szolgáltatások szintjén minőségileg újat, többet jelent. Az állomások elektromos teljesítmény-felvétele csökken (CMOS áramkörök terjedése). Ez különösen a felügyelet nélküli állomások esetében hasznos.

- Az érzékelők fejlesztésének új iránya az *intelligenciamegosztás* elvének széleskörű terjedését mutatja. A korszerű áramköri technológia alkalmazása következtében az érzékelők ma már a mért adatok előfeldolgozását is elvégezhetik és azokat az adott időszakra összegyűjtve szolgáltatathatják az állomás központi egysége felé.

Általános törekvésnek mondható minden gyártó részéről a készülékek megbízhatóságának növelése. Ma egy világszínvonalon álló készülékre általánosan kötelező célkitűzés a 10 000 óra MTBF (Mean Time Between Failures) érték, a *teljes mérőrendszerre* vonatkoztatva.

A hazai automatizált meteorológiai mérőállomás, illetve mérőhálózat kialakításánál a felsorolt követelmények kielégítése volt az elsődleges cél, azzal a további feltétellel, hogy az állomás központi egysége többcélú alkalmazást is tegyen lehetővé (Hanák – Szenn, 1984). A kialakított univerzális, moduláris felépítésű meteorológiai mérőautomata, kiépítettségétől függően, az alábbi funkciókat tudja teljesíteni:

- *felügyelet nélküli* állomásként a műszeresen közvetlenül mérhető meteorológiai jellemzőket érzékeli, feldolgozza és továbbítja;
- *felügyeletes* állomásként a műszeresen mérhető jellemzőket kiegészíti az állomás személyzete által beírt adatokkal, ezeket feldolgozza és továbbítja;
- *központi* állomásként az előbbi két üzemmódban dolgozó állomások által begyűjtött, rendezett és feldolgozott adatokat rendre bekéri, kijelzi és további feldolgozásra alkalmas módon tárolja.

A hazai rendszer realizálására az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság által a GAMMA Művek mint fővállalkozó részére nyújtott fejlesztési kerettel: a Budapesti Műszaki Egyetem Műszer- és Méréstechnikai Tanszék tervezői közreműködésével és az OMSZ szakértői konzultációja mellett került sor az 1981 – 1986 közötti időszakban.

A kialakított rendszerrel szemben támasztott *általános követelmények* az alábbiak voltak:

- Az állomások kialakítása tegye lehetővé a mérőérzékelők minél szélesebb körének csatlakoztatási lehetőségét. Szempont volt, hogy nem csak a szorosan vett meteorológiai (szinoptikai célú) érzékelőket kell figyelembe venni, hanem az agrometeorológiai alkalmazáshoz szükséges mérőérzékelők különböző fajtáit is.

- A mérőállomás legyen védett a mérőérzékelők, illetve a hálózati táplálás felől érkező feszültség tranziensek és túlfeszültséggel szemben. Valamennyi ki- és bemenő vonalhoz csatlakozó áramkör kialakítása olyan legyen, amely villámcsapás esetén minimális áramköri meghibásodással védje a teljes állomást a katasztrófális meghibásodástól.

- Rövid idejű hálózatkimaradás esetén a működés ne szakadjon meg. Hálózatkimaradás idejére az állomást puffer akkumulátortelep lássa el energiával.

- A teljesítmény-igény legyen alacsony.

- A konfiguráció tegye lehetővé a nagy megbízhatóság (10 000 óra MTBF) elérését szélsőséges környezeti feltételek mellett is.

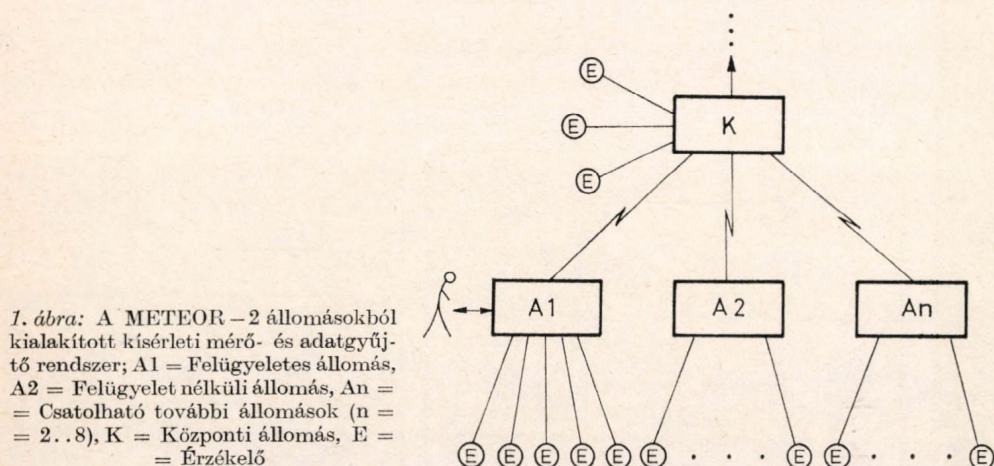
- A megbízhatóság javítása érdekében az állomás felépítése tegye lehetővé bizonyos hibák észlelésekor az állomás átkonfigurálását adott határokon belül, akár a központi állomáson keresztül is.

- Tekintettel a hosszú idejű felügyelet nélküli üzemre, az állomásoknak legyen olyan önellenőrző egysége, amely bizonyos típusú hibák észlelésekor az állomás működését újra indítja és ezzel kiesését a rendszerből önműködően megakadályozza.

– A gyors hibafelmérés és elhárítás érdekében az állomás rendelkezzen olyan szervizlehetőséggel, ami lehetővé teszi az állomás belső működésének egyszerű ellenőrzését, esetleg a telekommunikációs csatornákon keresztül is.

– Az állomásoknak legyen megfelelő szintű autonómiájuk, de legyen lehetőség a kezelőszemélyzet közreműködésére is a mérési, illetve adatelőkészítési folyamatban.

– Az univerzális alkalmazhatóság érdekében az állomások lehetőleg azonos software elemekből épüljenek fel és az állomások specifikus jellemzőit elsősorban a software hordozza.



1. ábra: A METEOR – 2 állomásból kialakított kísérleti mérő- és adatgyűjtő rendszer; A1 = Felügyeletlen állomás, A2 = Felügyelet nélküli állomás, An = Csatolható további állomások (n = 2..8), K = Központi állomás, E = Érzékelő

– Az állomás topológiai kialakítása tegye lehetővé a hierarchikus felépítést (1. ábra). Ez a követelmény szoros összhangban van a kialakítandó állomástípusokra vonatkozó előzetes célkitűzésekkel is.

A felsorolt követelmények megvalósítása korszerű színvonalon, a Z80 típusú processzorral kialakított mikroszámítógép struktúrájú állomásokkal vált lehetővé.

A METEOR – 2 automatikus meteorológiai állomás felépítése

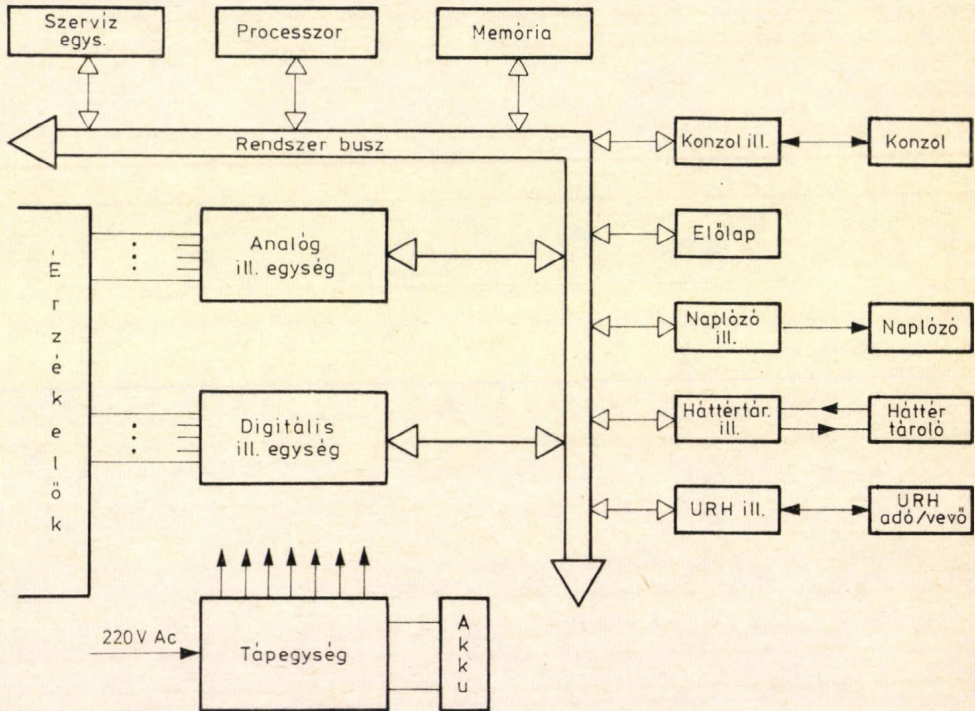
Az előzőekben felsorolt általános követelményeknek megfelelően tervezett automatikus meteorológiai állomás hardware felépítése a 2. ábrán látható.

A *processzor egység* az állomás központi vezérlő egysége. Vezérli az állomásban – mint mikroszámítógépben –, perifériaként szereplő egységek működését, kezeli a memóriát és kiszolgálja az interrupt rendszert. Processzorként az NSC 800-as típusú, nagysebességű, univerzális célú áramkör szolgál.

A *szerviz egység* az állomásban keletkező hibák könnyebb felderítése, ill. az állomás belső működésének ellenőrzése céljából szükséges.

A *kezelő egység* az állomás kezelőszemélyzetének lehetővé teszi az állomás működésének ellenőrzését és irányítását. Ez a funkció részben az előlapon elhelyezkedő kezelőszervek, illetve kijelzők, részben magasabb szinten párbeszéd interaktív kapcsolat révén valósul meg. Az interaktív kapcsolatot az állomáshoz külön csatlakoztatott ORION gyártmányú display terminál biztosítja. Az állomás működésének naplózása géptávirón történik, amely akár lyukszalag nyomtatásra is alkalmazható. Az állomás rendszere miatt alkalmas más háttértároló (mágnesszalag, mágneslemez, lágylemez) működtetésére is, a kísérleti rendszerrel ez nem került felhasználásra.

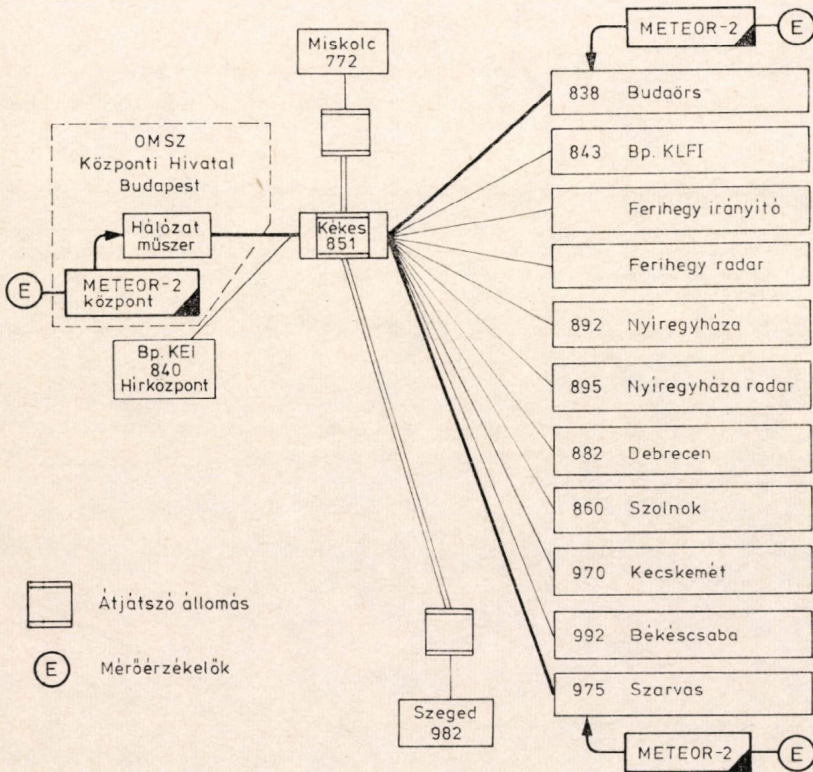
A *kommunikációs egység* postai telex, telefon, vagy URH rádió segítségével továbbítja a begyűjtött mérési értékeket, illetve feldolgozott információkat a központi állomás kérésére. A kísérleti rendszerben a 3. ábrán látható URH rádióháló segítségével történtek próbamérések a Központi Meteorológiai Intézet Éghajlati Tájékoztató Osztályán elhelyezett METEOR-2 központ, valamint a Budaörs-repülőtéren és a Szarvasi Agrometeorológiai Observatóriumban telepített állomások felhasználásával. A telexes és telefonos, vonalas összeköttetések alkalmazásával még nem történtek kísérletek.



2. ábra: A METEOR-2 automatikus meteorológiai állomás hardware felépítése

A *bemeneti egység* az univerzális alkalmazhatóság miatt a mérőérzékelők széles választékát képes az állomáshoz illeszteni. Az állomás mind analóg-, mind pedig digitális kimenőjelet szolgáltató mérőérzékelőt tud fogadni. Az analóg illesztőhöz csatlakozó vonalon három jelfajta érkezhetsz: kisszintű feszültség jel, kisszintű áram jel és ellenállás változás. Ennek megfelelően az egységhez csatlakozó jelek elválasztó, illetve jelátalakító áramkörön keresztül multiplexer egységre kerülnek. Az illesztő egység ellátja a csatlakozó vonalak tranzienst és túlfeszültség védelmét is. A digitális illesztő egység fogadja és a rendszer busz felé illeszti az összes digitális – vagy digitális áramkörrel kezelhető – jelet, továbbá ellátja az egységhez csatlakozó vonalak tranzienst és túlfeszültség védelmét. A csatlakozó vonalak háromféle információt hordoznak: kódolt digitális, eseménytípusú (igen-nem állapot) digitális és frekvencia jelek lehetnek. Az illesztő egység a kódolt és eseménytípusú jeleket párhuzamos bemenetekkel, a frekvencia jeleket számláló áramkörökkel fogadja.

A tápegységgel szemben fontos követelmény az állomás és a vele összekapcsolt mérőérzékelők szünetmentes tápellátása. Az állomás ebből a célból egy puffer akkumulátor telepet tartalmaz. A tápegység közvetlenül a 12 V-os akkumulátorra kapcsolódik és alkalmas zárlatvédelemmel is el van látva. A töltő egység automatikus töltés szabályozóval, mélykisülés ellen védett kialakítással készült, egyben védelemmel van ellátva a hálózat felől érkező túlfeszültséggel és tranzienis jelekkel szemben. A hálózatkimaradás idején az akkumulátoros üzemmód 24 órás üzemet tesz lehetővé.



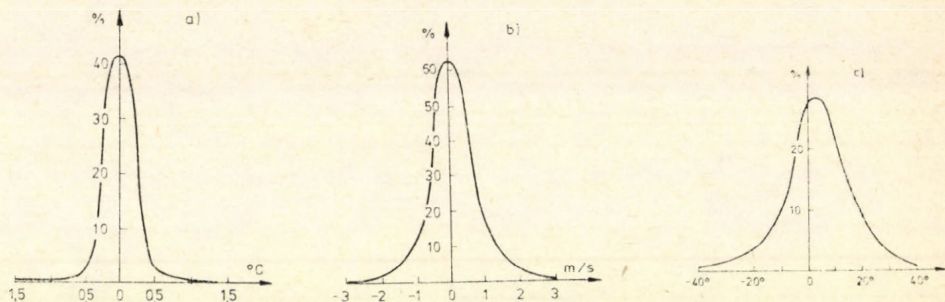
3. ábra: Az OMSZ keleti URH rádióhálójá a hozzá kapcsolt METEOR-2 kísérleti automata meteorológiai állomásokkal

Az automatikus meteorológiai állomás alkalmazhatóságát elsődlegesen a hozzá csatlakozó mérőérzékelők választéka szabja meg. Az I. táblázatban felsorolt érzékelők a három megjelölt mérőhelyen a hagyományos meteorológiai állomási műszerezettséggel párhuzamosan, velük azonos környezeti elhelyezésben kerültek telepítésre. A táblázatban az egyes érzékelők gyártmánya, típusa, ill. típusszáma is szerepel.

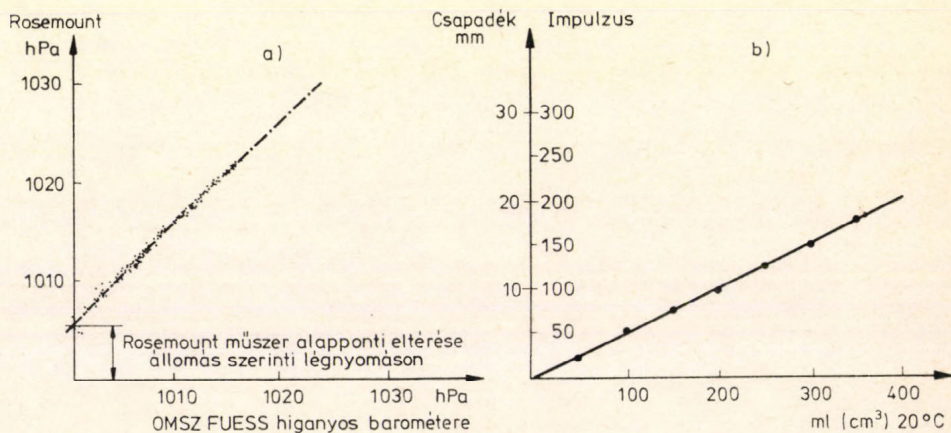
Az alkalmazott érzékelők vizsgálata

Az automatikus meteorológiai állomások működésével szemben alapvető követelmény, hogy szolgáltatott adataik, információik a hosszú évtizedek – egyes mérőhelyeken évszázados – hagyományos, konvencionális műszerekkel

nyert adatokkal konzisztensek legyenek (Simon, 1982). Ez a követelmény úgy valósítható meg, ha olyan mérési, mintavételezési, átlagolási feltételeket szabnak meg az automata állomás számára, amilyenek között a hagyományos műszerekkel nyert adatok összevethetők. E feltételek teljesítése sok esetben jelentős fejlesztési vizsgálatot igényel, más esetekben nem is valósítható meg.



4. ábra: A Stevenson-hőmérőházban elhelyezett higanyos hőmérő és a GAMMA gyártmányú (Pt100 + sugárzásvédelem) elektromos hőmérő közötti eltérések gyakorisága (a), a Fuess-univerzális (82a. típus) széliró és a GAMMA gyártmányú szélességmérő (b) és széliránymérő (c) közötti eltérések gyakorisága

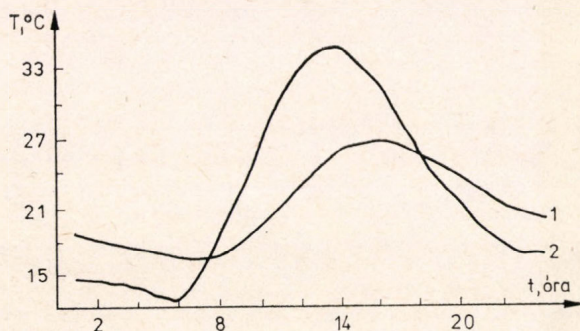


5. ábra: A Rosemount nyomástávadó (a) és a Lambrecht billenőedényes csapadékmérő hitelesítése (b)

A 4/a. ábrán a 2 m magasan, szabványos hőmérőházban elhelyezett higanyos hőmérő és a GAMMA gyártmányú, zsalus sugárzásvédővel ellátott 100 ohmos Pt hőmérő közötti eltérések gyakorisága látható. A vizsgálat során az eltérések szórása nem haladta meg a higanyos hőmérő pontosságát. A hőmérők közvetlen légtérét csak a hőmérőház belsejének természetes légáramlása szellőzteti. A 4/b. ábrán a Fuess-univerzális szélműszer szélútirója és a GAMMA szélességmérő közötti eltérések gyakoriságai láthatók. Az eltérések szórása $\pm 0,5$ m/s közöttinek mutatkozott. A 4/c. ábrán az alkalmazott széliránymérők közötti eltérések gyakorisága került ábrázolásra. A görbe maximumának eltérése a középtengelytől a GAMMA széliránymérő $+4^\circ$ -os tájolási hibájából ered. Az eltérések szórása $\pm 10^\circ$ között maradt.

Az 5/a. ábrán az OMSZ székházának II. emeletén elhelyezett Fuess-típusú állomási barométere és a Rosemount-nyomástávadó által szintén az automata meteorológiai állomáson keresztül regisztrált értékek összefüggése látható. A regisztrált értékek $\pm 0,52$ hPa szórással egyeztek meg a vizsgálat során. Az 5/b. ábrán a Lambrecht-féle billenőedényes csapadékmérő hitelesítési görbéjét mutatjuk be a klímaterületünkön szokásos csapadékmennyiségek, illetve intenzitá-

6. ábra: Két, különböző tehetetlenségi paraméterű elektromos talajhőmérő összehasonlító vizsgálata a Szarvasi Observatóriumban; az átlagos napi menetet a 2 cm mélységben GAMMA gyártmányú nagytehetetlenségű (1) és a Galló-féle talajhőmérő (2) adatai alapján



I. TÁBLÁZAT

A METEOR-2 automata meteorológiai állomások kísérleti üzeméhez használt érzékelők választéka és gyártmánya

Érzékelő	Központi állomás Kítaibel P. u.	Felügyelet nélküli állomás Budaörs reptér	Felügyeletes állomás Szarvas Obsz.
Pszichrométer, komplett	2×Pt 100 (OMSZ, SZÜCS)	2×Pt 100 (OMSZ, SZÜCS)	2×Pt 100 (OMSZ, SZÜCS)
Léghőmérsékletmérő	Pt 100, GAMMA	Pt 100, GAMMA	Pt 100, GAMMA
Radiációs minimum hőmérő	Pt 100, GAMMA	Pt 100, GAMMA	Pt 100, GAMMA
Talajhőmérő sorozat	—	Pt 100, GAMMA 2, 5, 10, 20, 50, 100 cm-en	Pt 100, GAMMA 2, 5, 10, 20, 50, 100 cm-en
Relatív nedvességmérő	HUMICAP HMP14U	HUMICAP HMP14U	HUMICAP HMP14U
Széliránymérő	GAMMA potenciometrikus	GAMMA potenciometrikus	GAMMA potenciometrikus
Szélsebesség-mérő	GAMMA impulzus távadó	GAMMA impulzus távadó	GAMMA impulzus távadó
Légnyomásmérő	ROSEMAUNT nyomástávadó	—	—
Csapadékmérő	LAMBRECHT 151 8H3	WEATHERMEASURE P-501-1	WEATHERMEASURE P-501-1
Csapadékdetektor	VÁISÁLÁ DPD 12	VÁISÁLÁ DPD 12	VÁISÁLÁ DPD 12
Napsugárzás-detektor	—	—	RIMCO R/S G
Globálsugárzás-mérő	KIPP-ZONEN CM11	—	KIPP-ZONEN CM 6
Reflexsugárzás-mérő	—	—	KIPP-ZONEN CM 6
Referencia hőmérséklet	HIKI 100 ohm	HIKI 100 ohm	HIKI 100 ohm
Párolgásmérő	—	—	OMSZ típ. (SZÜCS)
Villámszámláló	—	—	OMSZ típ. (SZÜCS)

sok figyelembevételével. Hasonlóan jó linearitást szolgáltatott a Weathermeasure 0,25 mm/imp felbontású csapadékmérő és a hazai előállítású, Sebestyén-féle 0,1 mm/imp felbontású teflonozott, billenőedényes csapadékmérő is.

A 6. ábrán két különböző felépítésű és tehetetlenségű Pt 100-elektromos talajhőmérővel hosszabb időn keresztül végzett, párhuzamos mérésekből számított átlagos napimenetek láthatók. A párhuzamos méréseket a szarvasi obszervatórium műszerkertjében 2 cm mélységben végezték. Az 1. jelű átlagos napimenet a GAMMA gyártmányú nagytehetetlenségű, a 2. jelű görbe pedig a Galló-féle talajhőmérő adatai alapján került megszerkesztésre. Az ábra jól mutatja a konzisztencia problémáját; nem megfelelően megválasztott érzékelőknél a szélsőértékek időpontjában több mint kétórás különbség, az amplitudóban pedig 10 °C-ot meghaladó eltérések is tapasztalhatók ugyanazon a mérőhelyen.

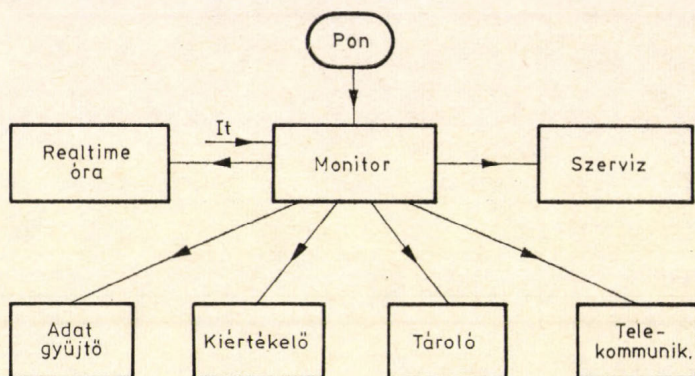
Az üzembehelyezés előtt, illetve a próbaüzem során az I. táblázatban felsorolt további érzékelők vizsgálata, hitelesítése – itt nem részletezett módon – szintén megtörtént (Mezősi és Simon, 1985).

A METEOR – 2 állomás programrendszere

A fejlesztési követelményekből, de az I. táblázatból is következik, hogy az állomástípusok (felügyelet, felügyelet nélküli, központi gyűjtő) eltérő szolgáltatásait lényegében azonos hardware felépítés mellett, de értelemszerűen eltérő és az állomástípusra jellemző software segítségével volt célszerű megvalósítani. Az egyes állomástípusok egymástól eltérő jellemzőik ellenére az alapszolgáltatások tekintetében sok közös elemet tartalmaznak. E tény mellett a software kialakításánál lehetőség volt moduláris programrendszer megvalósítására, amelynél a strukturált programozás elvét alkalmazták. A moduláris programrendszer főbb előnyei:

- az eltérő szolgáltatásokat nyújtó állomástípusok működtető programjai közös programmodul készletből felépíthetők,
- a programmodulok önállóan is fejleszthetők,
- a funkció változtatása a programmodulok átalakításával, vagy új modulok beiktatásával valósítható meg.

A kialakított software rendszer a felsorolt előnyöket eredményesen kihasználta. A kialakított programrendszer fő moduljainak funkcionális felépítése a 7. ábrán látható.



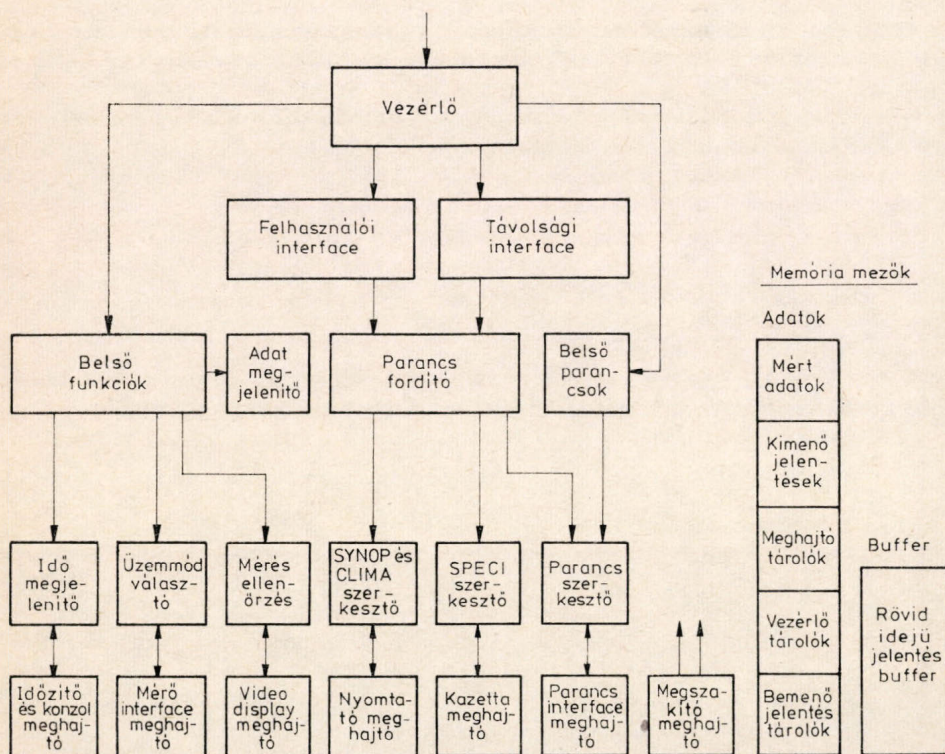
7. ábra: A METEOR – 2 automatikus meteorológiai állomás működtető programjának globális felépítése; PON = program indítás, It = kézi állítás

A *monitor* modul szervezi, irányítja a teljes program-rendszer együttműködését, szükség szerint aktiválja az egyes programmodulokat. Kezeli az üzemmódokat, továbbá a konzol egységen, illetve az előlap egységen keresztül tartja az állomás kétirányú kapcsolatát a kezelőszeméllyel.

A *real-time* programmodul szolgáltatja az állomás számára a valós idejű működéshez szükséges időértékeket, valamint a különböző időzítéseket, egy egy-éves ciklusidejű software óra segítségével.

Az *adatgyűjtő* modul végzi az állomáshoz csatlakozó mérőérzékelők rendszeres lekérdezését, a mérési adatok feldolgozását, valamint a mért- és számított adatokból a továbbításra kerülő táviratok összeállítását. A modul minden óra 45. percében SYNOP táviratot állít össze a jelenleg érvényes FM 12 – VII kód szerint. Két egymást követő SYNOP jelentés közötti időben ötpercenként megvizsgálja, hogy van-e olyan időjárásváltozás, ami vihartávirat, vagyis „VIHAR” jelentés kiadását indokolja: Ilyen változás a hirtelen szélerősödés (>12 m/s és >20 m/s), zivatar, csapadék (eső vagy hó) kezdete. Ha ilyet talál, az FM 16 – V kód szerinti VIHAR-táviratot generál és soron kívül továbbítja azt a központi állomásnak. Ugyancsak itt történik minden reggel – 05.45 és 06.00 között – az előző napi adatokból származtatott KLIMA-távirat összeállítása, a bizonylatoló éghajlati állomások mintájára.

A *kiértékelő* modul a központi állomásban a vett táviratok adatainak kiértékelését végzi. A kiértékelés szintaktikai ellenőrzéssel, illetve hihetőség-vizsgálattal kezdődik. Hibás távirat észlelésekor a *monitor* modulon keresztül újrahívást



8. ábra. A METEOR-2 automatikus meteorológiai állomás software rendszere

kezdeményez. Ez a modul végzi a helyesnek talált táviratok adatainak további feldolgozását, továbbá ez állítja össze a feldolgozás alapján a naplózásra, ill. háttértárolásra kerülő üzeneteket is.

A *tároló* modul részben a kiértékelő modul által előkészített üzeneteket, részben az adatgyűjtő modul által összeállított táviratokat kinaplózza és a háttértárolón eltárolja.

A *telekommunikációs* modul látja el a különböző távközlési csatornák kezelését, mind a mérő-, mind pedig a központi állomásokban. Ennek megfelelően a központi állomás végzi a mérőállomások hívását, illetve felépíti, majd az üzenetváltás végén lebontja a távközlési kapcsolatot az állomással, lehívja a megfelelő táviratot és annak adatait előírt formátumban a *memóriában* elhelyezi. A kísérleti rendszernél csak az URH rádiós távközlési mód került alkalmazásra.

A *szervíz* modul csak szervíz üzemmódban aktivizálódik. Ez a modul teszi lehetővé az állomás kezelője számára a belső működésnek a konzol terminálról történő ellenőrzését, illetve a központból az egyes állomásokhoz csatlakozó mérő-érzékelők közvetlen elérését, ellenőrzését, vagy kiiktatását. Ezen túl a berendezés öntesztelését is végre lehet hajtani segítségével.

A 8. ábrán a METEOR-2 automatikus meteorológiai állomás részletesebb software rendszere és felépítése látható. A folyamatábrából jól nyomonkövethetők a program-modulok kapcsolatai és működése.

A jelenlegi és az elmúlt időjárást (w, W_1W_2) kódoló programmodul működési elve

Az automatikus meteorológiai állomás működésének színvonalát a szolgáltatások mennyisége és minősége alapvetően meghatározza. A METEOR-2 állomásnál kísérletet tettünk egy teljesen új működési elv megvalósítására, a jelenlegi és az elmúlt időjárás (w, W_1W_2) automatikus kódolására, a kód kézikönyv 4677. számú kódtáblázatában szereplő jelenségek — egy részének — automatikus kiválasztására (*Mezősi és Simon, 1983; Hanák et al., 1985*). A működéshez az alábbi érzékelők kerültek felhasználásra:

- 1 perces átlagos szélsősebességet szolgáltató anemométer,
- az állomás 10–15 km-es körzetében talajvillámokat jelző villámszámláló,
- 0,1 mm felbontású fűtött csapadékmérő,
- csapadékdetektor (igen — nem kimenettel),
- hőmérő (hőmérőházban).

A 4677. számú kódtáblázat 99 lehetséges jelenlegi időjárás variációjából az alábbi 16 automatikus kiváltása valósítható meg viszonylag egyszerűen:

17 = száraz zivatar;

18 = szélrohamok;

21, 22, 29 = eső, hó, vagy zivatar volt az elmúlt órában, az észleléskor már nem;

51 = folytonos szitálás;

61, 63, 65 = gyenge, közepes, vagy erős intenzitású eső az észlelés idejében;

71, 73, 75 = gyenge, közepes, vagy erős intenzitású havazás az észlelés idejében;

91, 92 = az elmúlt órában zivatar volt, az észlelés idejében gyenge, közepes, vagy erős eső;

95, 97 = gyenge, közepes, vagy erős zivatar az észlelés idejében esővel, esetleg havazással, jégeső nélkül.

Hasonló elven lehetséges a W_1W_2 csoport automatikus kiváltása. Kísérlet történt a kilenc kódvariáció software úton történő kiválasztására is.

Ha a megfigyelő ember szellemi munkáját szimulálni kívánjuk, akkor a felsorolt kódmeghatározásokhoz számszerű értékeket kell rendelni, vagyis számszerűsíteni kell, mikor beszélhetünk gyenge, közepes, vagy erős esőről, havazásról, vagy zivatarról. Az automata meteorológiai állomásnál természetesen a csatlakozó érzékelők által szolgáltatott kimenőjelből kell kiindulni és ezek együttes változásaihoz rendelni az egyes kódok kiválasztását.

Az egyes WMO-tagországokban alkalmazott megállapodások szerint az alábbi értékek voltak kiválaszthatók:

gyenge eső vagy havazás	= 0,1 mm csapadékösszeg 10 perc alatt;
közepes eső, vagy havazás	= 0,2–0,6 mm csapadékösszeg 10 perc alatt;
erős eső, vagy havazás	= 0,7 mm, vagy nagyobb csapadékösszeg 10 perc alatt;
gyenge, vagy közepes zivatar	= a villámszámláló 3, vagy több talajvillámot jelez 5 perc alatt;
erős zivatar	= a villámszámláló 5-nél több villámot számlál 5 perc alatt.

Példaképpen bemutatjuk néhány kódszám automatikus kiválasztásának feltételeit:

- 61 = az elmúlt 10 percben a csapadékmérő 0,1 mm csapadékösszeget jelzett, a hőmérséklet pozitív volt és a csapadékindikátor a megfigyelés idejében „igen” állásban volt;
- 63 = az előzővel megegyező feltételek, de a csapadékösszeg 0,2–0,6 mm között volt az észlelés előtti 10 percben;
- 65 = a 61 kódszámnak megfelelő feltételek álltak fenn, de a mért csapadék összege 0,7 mm vagy több volt az észlelés előtti 10 percben;
- 71, 73, 75 = fentiekkel azonos feltételek, de a hőmérséklet negatív;
- 91 = a villámszámláló az elmúlt órában 3 vagy több talajvillámot jelzett 5 percenként, de az észlelés idejében már nem, a csapadékmérő az elmúlt 10 percben 0,1 mm csapadékösszeget jelzett és a megfigyelés idejében a hőmérséklet pozitív volt;
- 95 = a villámszámláló az elmúlt órában 5 vagy több talajvillámot jelzett 5 percenként, de az észlelés idejében már nem, a csapadékmérő az elmúlt 10 percben 0,1 mm vagy nagyobb összeget jelzett, a hőmérséklet előjele most indifferens.

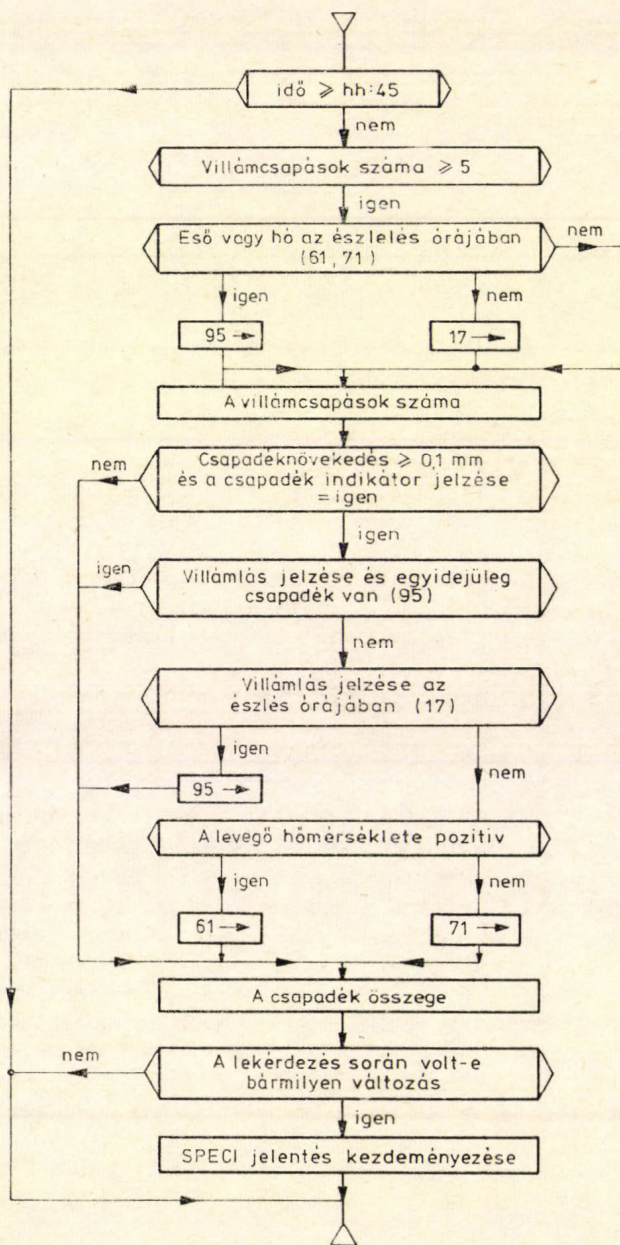
A jelen- és elmúlt időjárás kódjának, illetve a VIHAR jelentés összeállítása céljából számos közbülső számítási eredményt kell átmenetileg tárolni. A közbülső számításokat aránylag egyszerű algoritmusokkal lehet előállítani. Példaképpen megadjuk a METEOR – 2 automata állomásban alkalmazott azon algoritmus folyamatábráját, amely alapján a SYNOP és VIHAR jelentések részére kiválasztásra kerülnek a 17, 61, 71 és 95-ös kódszámok. Amennyiben a leírt állapotok a két rendszeres jelentés közötti órán belül teljesülnek, az állomás automatikusan előállítja a VIHAR jelentést is (9. ábra). A folyamatábrán látható, hogy az algoritmus szerint három külön helyen kell tárolni a villámszámláló ötperces, a csapadékösszeg utolsó öt- és tízperces értékét is.

Az egyéb jelenlegi és elmúlt időjárás kódszám megállapításához szükséges algoritmus a bemutatotthoz hasonlóan egyszerű struktúrájú lehet. Minden egyes kódszámhoz 2–5 külön átmeneti tárolóhely-igénnyel kell számolni.

A kísérletek bizonyították, hogy a módszer – a jelenlegi érzékelőválaszték mellett – még nem alkalmas:

- a folyamatos és időben változó csapadékok megkülönböztetésére;
- a csapadék-intenzitások elkülönítésére;
- a légköri pára, a por, a sodródó hó, köd, jég, az állomásról látható, de távoli csapadék és az égkép jelzésére.

Mindazonáltal az állomás minden olyan időjárás típust jelezni képes, amely mérhető csapadékkal kapcsolatos és besorolható a 20, 50, 60, 70 és 90-es kód-



9. ábra.: A jelen időjárás (néhány kiválasztott) kódjának algoritmus

számokba, azzal a pontosítással, hogy a jelzett kódszám néhány esetben némileg eltérhet a megfigyelő által észlelt jelenségektől. E területen természetesen a megfigyelési módszerek definíciójának pontosítása jelent majd megoldást.

Üzemeltetési tapasztalatok

A három, különböző feladatú METEOR-2 automata meteorológiai állomásból álló mérőrendszerrel két ütemben végeztünk próbaüzemeltetést.

Az *első ütemben* (1985. augusztus 15-től november 25-ig) még laboratóriumi, illetve félüzemi körülmények között történt meg a berendezések funkcióvizsgálata közvetlen vonalas kapcsolatban, egy helyszínen. Ezen időszak tapasztalatai alapján több programmódosítás történt, továbbá néhány hardware hibát is javítani kellett.

Ezen időszakban többször adódott probléma a *software óra működésének* külső zavartatásából, a tápegység durva meghibásodásából. Konstruktív hiba nehezítette a multiplexer egység folyamatos működését. A hőmérsékletmérésnél a mérőpontok földelésének áttervezésével lehetett stabilizálni a működést. Az időszak végére, — lényegében az ilyen irányú kellő tapasztalat hiányából eredő hibák kiküszöbölése után — mind a hardware, mind pedig a software a megkívánt módon működött.

A *második ütem* a mérőérzékelők telepítése és az URH rádiókapcsolat felépítése után kezdődött meg. Ez a működési szakasz (1985. november 25-től 1986. december 15-ig) már valós körülmények között és környezetben került végrehajtásra. Ekkor történt meg az érzékelők hitelesítése, illetve összehasonlítása az OMSZ felszínbázisú megfigyelő alaprendszerében alkalmazott hagyományos érzékelőkkel, műszerekkel.

A METEOR-2 állomásokba URH adatátvitelre alkalmas MODEM-et építettek be, 50 Bd-os távközlési sebesség figyelembevételével. A félduplex struktúrájú hírhálóban minden állomás minden forgalmat hall, vagyis egyidejűleg csak egyetlen üzenetváltás történhet mások zavarása nélkül. A METEOR-2 központi állomást ezért ún. *foglaltságjelző áramkörrel* látták el, vagyis automata üzemmódban a központ mindaddig nem kezdeményez adatátvitelt, amíg vevője forgalmat észlel. Az adó AFSK modulációval üzemel, billentyűzése szikraoltóval védett kivitelű. Az adatátvitel a CCITT 2. sz. ABC-ben történik, a rádiócsatorna természetesen a kód szempontjából transzparens közegnek tekinthető.

Az érzékelők hitelesítését, illetve bevizsgálását már részleteztük.

A kísérleti üzemelés bebizonyította, hogy kellő mélységű fejlesztési munka után negyedik generációs automata meteorológiai állomás a kereskedelmi forgalomban rendelkezésre álló mikroelektronikai elemekből létrehozható és eredményesen üzemeltethető. A negyedik generációs automata állomás létrehozásában döntő a meteorológiai szakmai előkészítés, a kellő mélységű és igényességű feladatleírás megvalósítása.

A próbaüzemelés második ütemében a rendszer megbízhatósága jelentősen növekedett, de még nem érte el a célkitűzésben szereplő kötelező 10 000 órás MTBF értéket. Természetesen nem szabad megfélekedni a tényről, hogy a rendszer kivitelezését tekintve is kísérleti jellegű, tehát megfelelő technológiával rendelkező, sorozatgyártásra felkészült ipari környezetben előállítva a teljes berendezés megbízhatósága még jelentősen növelhető. Az ismertett üzemeltetés jelentős tapasztalattal szolgált mind a tervezők, mind pedig a felhasználók részére (*Mezősi és Simon, 1985*).

A végrehajtott kísérlet bizonyította, hogy hazánkban

– már ma létrehozható az alkalmazott konvencionális mérőérzőkelőkkel, műszerekkel konzisztens automatizált megfigyelő rendszer, noha a mérési módszereket, elveket a későbbiekben feltétlenül tovább kell pontosítani,

– az automatizált mérőrendszer kialakításának költségei jelenleg még tetemesek, a fenntartási költségek azonban már ma is összemérhetők a konvencionális mérőrendszerével,

– az automatizált mérőrendszer adatszolgáltatása megbízhatóbb, pontosabb, és alkalmazása esetén a minőségellenőrzés, illetve működésellenőrzés szintén gépesíthető,

– automatizált mérőrendszer birtokában lényegesen közelebb lehet vinni a tényleges megfigyelési időpontokat a WMO által megszabott standard megfigyelési időpontokhoz, vagyis az adatok aszinkronitása csökkenthető.

A felsorolt általános tapasztalatokon kívül számos fontos, egyéb következtetés is levonható volt a végrehajtott kísérletből. A két legfontosabb:

– A METEOR – 2 üzembiztonsága meg sem közelítette a hasonló nyugati rendszerek szokásos, átlagosan 10 000 órás, vagyis folyamatos üzemben egy évet meghaladó, hibamentes működését,

– A METEOR – 2 programrendszere a szerzők által ismert bármelyik nyugati mérőrendszerrel felveszi a versenyt, sőt azoknál több és magasabb színvonalú szolgáltatást nyújt. Az „elmúlt- és jelen idő” kódcsoport automatikus generálására pedig – a szerzők tudomása szerint – a legfejlettebb külföldi állomások sem képesek.

IRODALOM

- Barát, J., 1972: Szempontok az URH távszélmérőknél alkalmazandó szélsebesség és szélirány érzékelő kialakításához. *Beszámoló 1969*, OMSZ Hiv. Kiadv. XXXVI. 464 – 468.
- Berezky, L., 1972: Rádió szélmérő állomás tervezésének kérdései. *Beszámoló 1969*, OMSZ Hiv. Kiadv. XXXVI. 461 – 463.
- Berezky, L. et al., 1983: Javaslat automatikus meteorológiai állomások érzékelőinek gyártására, fejlesztésére, beszerzésére (Kézirat az OMSZ Könyvtárában).
- Czeiner, E., 1972: Sugárzási integrátorok konstrukciós problémái. *Beszámoló 1969*, OMSZ Hiv. Kiadv. XXXVI. 454 – 456.
- Czeiner, E. és Major, Gy., 1974: Sugárzási adatok gyűjtésének automatizálása. *Beszámoló 1971*, OMSZ Hiv. Kiadv. XXXVIII. 159 – 164.
- Czelnai, R., 1964: Szinkro távátvitel meteorológiai alkalmazása. *Beszámoló 1963*, OMSZ Hiv. Kiadv. XXVII. 195 – 199.
- Czelnai, R., Mezösi M., Tünczer T., 1963: Automatikus szélmérő berendezések felállításának meteorológiai kérdései a Balaton térségében. *Időjárás 67*. 2. 86 – 90.
- Galló, V. és Mezösi, M., 1971: UKW-Fernwindmessnetz mit digitaler Empfangszentrale. *Zeitschrift für Meteorologie 22*. 8 – 10. 275 – 278.
- Galló, V. és Wessely, I., 1978: Mérésadatgyűjtő agrometeorológiai felhasználásra. *Beszámoló 1976-ban* végzett tudományos kutatásokról, OMSZ Hiv. Kiadv. XLVI. 216 – 223.
- Galló, V., 1981 a: A szarvasi mérésadatgyűjtő üzemeltetésének tapasztalatai. *Beszámoló 1979*, OMSZ Hiv. Kiadv. LIII. 102 – 110.
- Galló, V., 1981 b.: A szarvasi mérésadatgyűjtő és adatnaplózó berendezés In: *Meteorológiai megfigyelések* OMSZ Hiv. Kiadv. LI. 111 – 116.
- Galló, V. és Posza, I., 1979: A párolgás és evapotranspiráció mérésének automatizálása. *Időjárás 83*. 4. 223 – 229.
- Handák, P. és Szem, O., 1984: Multipurpose AWS for small scale automation *Instruments and Observing Methods Report No. 15*. WMO TECMO Noordwijkerhout, Netherlands 351 – 355.

- Hanák, P., Mezősi M., Simon A. és Szenn O., 1985: Algorithms for automatic coding of present and past weather by unmanned meteorological stations *Instruments and Observing Methods Report* No. 22. WMO Technical Conference, TECIMO – III. Ottawa, Kanada 255 – 259.
- Höhne, W., 1986: Automatische meteorologische Stationen *Zeitschrift für Meteorologie* 36. 1. 1 – 14.
- Höhne, W. et al., 1986: Über die Entwicklung einer durch Mikrorechner gesteuerten automatischen fernmeldenden meteorologischen Station *Zeitschrift für Meteorologie* 36. 3. 187 – 200.
- Kleinschmidt, E., 1935: *Handbuch der meteorologischen Instrumente* Verlag von J. Springer, Berlin.
- Kozák, B., 1978: Meteorológiai mérések automatizálása. *Beszámoló 1974*, OMSZ Hiv. Kiadv. XLIV. 84 – 85.
- Márkus, M., 1984: Portable automatic weather station *Instruments and Observing Methods Report* No. 15. WMO TECIMO Noordwijkerhout, Netherlands 299 – 303.
- Mezősi, M., 1963: Távmérés (Telemetry) *Beszámoló 1962* OMSZ Hiv. Kiadv. XXVI. 380 – 388. o.
- Mezősi, M., 1965: Automatikus kompenzátorok alkalmazása meteorológiai méréseknél. *Beszámoló 1964*, OMSZ Hiv. Kiadv. XXVIII. (II. rész). XXVIII. k. 184 – 189.
- Mezősi, M., 1968: Digitális távmérő berendezés. *Beszámoló 1967*, OMSZ Hiv. Kiadv. XXXIV. 360 – 362.
- Mezősi, M., 1970 a.: A digitális távmérő próbaüzemének tapasztalatai. *Beszámoló 1968*, OMSZ Hiv. Kiadv. XXXV. 423 – 426.
- Mezősi, M., 1970 b.: Digitális adatgyűjtő berendezés. *Időjárás* 74. 5 – 6. 412 – 413.
- Mezősi, M., 1972: URH távszélmérő hálózat digitális vevőközponttal. *Beszámoló 1969*, OMSZ Hiv. Kiadv. XXXVI. 457 – 460.
- Mezősi, M., 1977: A meteorológiai megfigyelések és az adatgyűjtés automatizálása. *Beszámoló 1973*, OMSZ Hiv. Kiadv. XLIII. 17 – 24.
- Mezősi, M., 1981: Automatizált távmérő eszközök és rendszerek a magyar meteorológiai megfigyelő hálózatban In: *Meteorológiai megfigyelések*, OMSZ Hiv. Kiadv. LI. 102 – 108.
- Mezősi, M., 1983: *Instrumental Meteorology* Lecture notes on instrumentation for agrometeorologists; Met. Service of the Hung. P's Republic Bp.
- Mezősi, M., 1984: *Elektromos és távjelző mérőeszközök* Tankönyvkiadó, Budapest, Egyetemi jegyzet: J3 – 1362.
- Mezősi, M. és Simon, A., 1967: Registering albedometer. *Időjárás* 71. 1. 23 – 28.
- Mezősi, M. és Simon, A., 1980: Tervtanulmány automatikus meteorológiai állomások felállítására a Balaton térségében OMSZ. Budapest (Készült a BIB részére az 1013/1979 számú Mt. h. végrehajtására.)
- Mezősi, M. és Simon, A., 1981 a.: A meteorológiai megfigyelések automatizálásának jelen helyzete és várható alakulása In: *Meteorológiai megfigyelések* OMSZ. Hiv. Kiadv. LI. 95 – 101.
- Mezősi, M. és Simon, A., 1981 b.: A meteorológiai szélérés elmélete és gyakorlata OMSZ *Meteorológiai Tanulmányok* No. 36.
- Mezősi, M. és Simon, A., 1983: Automatikus meteorológiai állomások távirati kódjai (Kézirat az OMSZ Könyvtárában).
- Mezősi, M. és Simon, A., 1984: A GM gyártmányú AM – 10 automatikus meteorológiai állomás és SZM – 10 szélmérő egység összehasonlító vizsgálata. (Kézirat az OMSZ Könyvtárában.)
- Mezősi, M. és Simon, A., 1985: Jelentés a BME/GM „METEOR – 2” típusú automatikus meteorológiai állomás próbaüzeméről (Kézirat az OMSZ Könyvtárában.)
- Simon, A., 1982: *A meteorológiai megfigyelések és mérések rendszere*. Tankönyvkiadó, Budapest, Egyetemi jegyzet J3 – 1314.
- Simon, A., 1986: A légnomásmérés elmélete és gyakorlata OMSZ Hiv. Kiadv. LVIII.
- Snellen, M., 1896: Telemeteorographie *Meteorologische Zeitschrift* 13. 365 – 375. o.
- Szűcs, Zs., 1964: Ultrarövidhullámú távszélmérő. *Beszámoló 1963*, OMSZ Hiv. Kiadv. XXVII. 208 – 211.
- Szűcs, Zs., 1968: Beszámoló az URH szélmérő továbbfejlesztéséről. *Beszámoló 1967*, OMSZ Hiv. Kiadv. XXXIV. 363 – 364.
- Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation* WMO – No. 8. Geneva Fifth edition, 1983.
- Guide on the Global Observing System* WMO – No. 488. Geneva, 1977.
- Manual on the Global Observing System* WMO – No. 544. Geneva, 1981.
- Manual on Codes* Volume I – II. WMO – No. 306. Geneva, (Vol I: 1984 – Vol II: 1982).

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 91. évf. 5. szám, 1987. szeptember – október
Journal of the Hungarian Meteorological Service. Vol. 91, No 5. Sep – Oct 1987, Budapest

A múlt klímaváltozásai a legújabb földtudományi kutatások tükrében*

MÉSZÁROS ERNŐ, Központi Légekörfizikai Intézet, 1675 Budapest, Pf. 39.

Past climatic changes as revealed by recent research in Earth sciences. Climatic variations reconstructed on the basis of the analyses of oceanic sediments and ice samples, taken in different depths, are presented. It is shown that past temperature variations can be related to periodic changes in the Earth's orbital parameters. During the last half million years the temperature and atmospheric carbon dioxide concentration have been found to be parallel. The biological activity of oceans has played an important role in the control of the carbon dioxide concentration in the air. Results of model calculations indicate that beside solar radiation changes due to the variation of Earth's orbital parameters and changes in atmospheric carbon dioxide level, the climate has also been modified by other factors.

*

A múlt klímaváltozásai a legújabb földtudományi kutatások tükrében. A tanulmány bemutatja a különböző mélységekben vett óceáni üledék-, illetve sarki jégminták analízise alapján rekonstruált éghajlatváltozásokat. Megállapítja, hogy a múltbeli hőmérsékleti változások kapcsolatba hozhatók a Föld pályaelemeinek periodikus változásaival. Az elmúlt kb. félmillió év alatt a hőmérséklet és a légköri szén-dioxid szint lényegében párhuzamosan változott. A szén-dioxid koncentráció szabályozásában az óceánok biológiai aktivitása alapvető szerepet játszott. Modellszámítások eredményei arra utalnak, hogy az éghajlatot a pályaelemek miatti napsugárzás-változásokon, illetve a szén-dioxid légköri mennyiségének ingadozásain kívül egyéb tényezők is befolyásolták.

*

Bevezetés. A Föld különböző szférái (a légkör, a hidroszféra, a krioszféra, a litoszféra, a pedoszféra és a bioszféra) között állandó anyagáramlás figyelhető meg. Az elemeknek (vegyületeknek) ezt a mozgását biogeokémiai körforgalomnak nevezzük. Meteorológiai szempontból a biogeokémiai körforgalom több szempontból lényeges. Biztosítja egyrészt a légkör állandó összetételét, és ezen keresztül az éghajlat stabilitását, másrészt a kémiai összetétel és az éghajlat földtörténeti változásainak megítélését a múltbeli légköri hatásokat tükröző geológiai és biológiai leletek alapján. Tekintve, hogy különösen fontos eredményekre vezetett a tengeri üledékek és a sarki jégtakaró különböző rétegeinek az utolsó évtizedben végzett kutatása, tanulmányunkban az ilyen irányú vizsgálatokat foglaljuk össze. Ez más szavakkal azt jelenti, hogy nem célunk a kérdéskör egészének összefoglalása. Így nem foglalkozunk számos fontos őszállattani és ősnövény-tani kutatással, sőt az igen értékes eredményeket adó magyar lösz-vizsgálatokkal sem (lásd Kordos, 1979). Azt is megjegyezzük, hogy vizsgálódásunkat az utolsó néhány százezer évre korlátozzuk.

* Előadásként elhangzott az MTA X. Föld- és Bányászati Tudományok Osztálya 1987. február 9-i felolvasóülésén.

1. Az alkalmazott módszerek lényege

A hidroszférában levő vízmolekulák egy része stabilis O^{18} izotópot tartalmaz. Az ilyen molekulák koncentrációja igen alacsony, az O^{16} -ra vonatkoztatott relatív arányuk (δ) azonban a víz körforgalmának fontos nyomjelzője (*Dansgaard, 1964*).

A víz az óceánok felszínéről állandóan párolog. A H_2O^{16} molekulák mozgékonyabbak, mint a nehezebb izotópot tartalmazó társaik, így a gőzben mindig kevesebb O^{18} mutatható ki, mint a vízben. A hőmérséklet növekedésével azonban a gőzben δ értéke emelkedik, így a kondenzátumban (felhő- és csapadékvízben) is egyre több izotóp van. Ennek megfelelően a csapadékvíz és a belőle keletkezett jég réteg O^{18} tartalma összefüggésbe hozható a levegő hőmérsékletével. Ha tehát pl. az antarktisi jég rétegben különböző mélységekben veszünk mintákat, akkor rekonstruálható a múltbeli hőmérsékletváltozás, mivel adott réteg meghatározott időben keletkezett (a mélység növelésével egyre inkább visszafelé haladunk az időben). A jégmintákban levő izotópok koncentrációja tömegspektroszkópok segítségével határozható meg.

Az óceánok vizének δ értéke párologáskor az elmondottak értelmében mindig növekszik. Ezért ha az óceánoknál kisebb δ értékű csapadékvíz valamilyen okból nem kerül vissza maradéktalanul a tengerekbe, akkor az óceánok vize O^{18} -ban egyre dúsabb lesz. Ez a helyzet abban az esetben következik be, amikor a csapadékvíz jég formában a földfelszínen marad, tehát a hideg időszakokban. Az óceánvizek magas δ értéke ezért glaciális időszakokra utal, azaz olyan eljegesedési periódusokra, amikor a hőmérséklet és a tengervízszint egyaránt alacsony. A tengeri élőlények váza kalcium-karbonátból áll. A váz oxigén izotóp összetétele ezért a tengervíz összetételét tükrözi. A kicsiny kagylók elhalásuk után a mélyebb tengervízbe süllyednek, majd ott részt vesznek az üledék kialakításában. A különböző mélységekből, azaz a különböző időszakokból származó üledékminták analízise alapján így végülis megbecsülhetjük az illető korak hőmérsékleti viszonyait (*Frakes, 1979*).

Tengeri üledékminták elemzése segítségével a légköri szén-dioxid mennyiségére is következtethetünk. A módszer elve a következő (*Braecker, 1982*). A levegőben levő szén-dioxid és az óceánokban oldott szén koncentrációja között meghatározott egyensúly áll fenn: ha csökken a vízben oldott szén mennyisége, akkor az óceánok a levegőből több szén-dioxidot nyelnek el. A szén koncentrációja az óceánok felszíne közelében akkor csökken, ha növekszik a biológiai aktivitás, azaz a fotoszintézis erőssége. A biológiai aktivitás, egyéb tényezőkön kívül, a nitrogén és a foszfor mennyiségétől is függ. A nitrogén és a foszfor a mélyebb vízrétegekből áramlik a felszín közelébe, következésképpen a fotoszintézis erősségét az óceánok cirkulációja szabályozza (*Siegenthaler és Wank, 1984*).

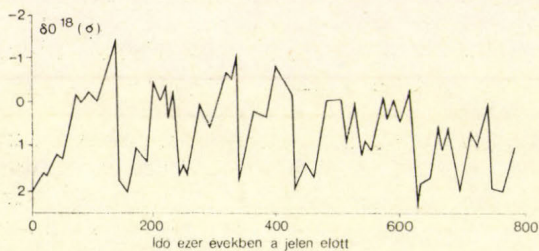
Az óceánvízben a szén kis része C^{13} izotópból áll. Tekintve, hogy a fotoszintézis elsősorban a C^{12} -t használja fel, növekvő biológiai aktivitásnál növekszik a felszín közeli vizekben a C^{13} relatív mennyisége. Ennek következtében a felszín közeli élőlényekben az idők folyamán emelkedik a C^{13} izotóp koncentrációja és egyúttal nő a felszíni szervezetek (pl. planktonok) és a mély vizekben élő szervezetek (bentosok) koncentráció különbsége. Az említett elhalt szervezetek analízise az üledékekben ezért a fotoszintézis erősségére utal, ami viszont megadja, hogy az óceán a tekintett időszakban a levegőből mennyi szén-dioxidot nyelt el.

Végül megemlítjük, hogy a különböző mélységekben vett jégmintákban nemcsak maga a jég analizálható. A jégbe zárva ugyanis levegőbuborékok vannak, amelyek összetétele a hajdani légkör kémiai állapotára utal. Az elmúlt években

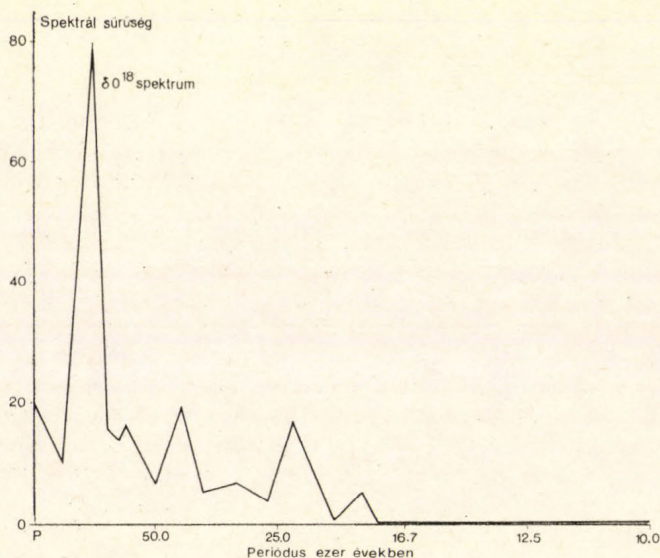
olyan érzékeny módszereket dolgoztak ki, amelyek segítségével a levegőbuborékok szén-dioxid szintje meghatározható. A berni egyetemen erre a célra infravörös lézer spektroszkópiát (Nefel et al., 1982), a Grenoble-i Glaciológiai és Környezeti Geofizikai Laboratóriumban gázkromatográfiát alkalmaznak (Raynaud és Barnola, 1985). Az eljárással a levegő szén-dioxid koncentrációja 50 000 évre visszamenőleg közvetlenül meghatározható.

2. A hőmérséklet változása

Az 1. ábra a tengeri üledékben kimutatott O^{18} arányt adja meg az elmúlt közel 800 ezer évre vonatkozóan, míg a 2. ábra a mért értékek spektrál sűrűségét illusztrálja. Mint látható, a δO^{18} , azaz a hőmérséklet változása többé-kevésbé



1. ábra: Az oxigén 18 relatív koncentrációjának változása az elmúlt 780 ezer év alatt tengeri üledékek vizsgálata alapján (Imbrie et al., 1984). Az értékek a középértéktől való eltérés és a szórás hányadosaként vannak kifejezve.

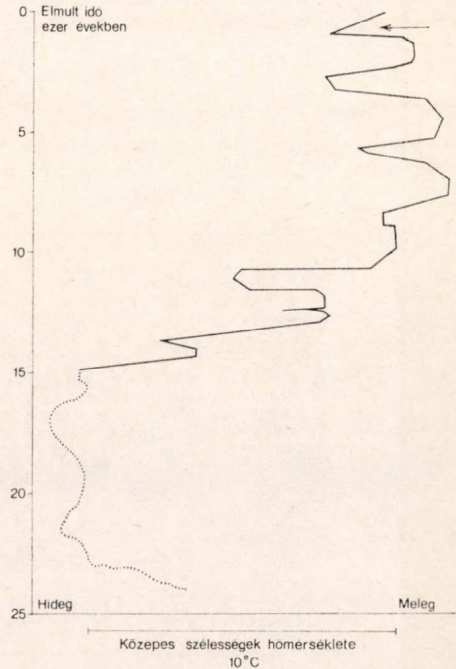


2. ábra: Az 1. ábrán látható idősor spektrál sűrűsége a periódus függvényében McElroy (1986) szerint.

szabályos menetet mutat. Mindkét ábrából világosan kitűnik, hogy a legjellegzetesebb periódus idő 100 ezer év körül van. További csúcsok 41 ezer, illetve 23 ezer évnél találhatóak (2. ábra). Érdekes, hogy ezek a ciklusok a Föld pályaelemeinek változásaival nagyon jól összevethetők. Így a közel 100 ezer éves ciklus a pálya excentricitásának változásaival esik egybe, míg a 41 ezer éves periódus a forgástengely dőlésének ingadozásait tükrözi. Végül a 23 ezer éves periódus a tavaszi és őszi napéjgyenlőség időpontjának változásaival hozható kapcsolatba, amit a földtengelynek az ekliptika tengelye körüli precessziója okoz. Mindez azt jelenti, hogy a legújabb üledékvizsgálatok eredményei az ún. Milanković-

elméletet támasztják alá (lásd pl. *Hays et al., 1976*), amely szerint a klímaváltozások csillagászati okokra vezethetők vissza. A probléma csak az, hogy ha az említett paraméterek ciklusának megfelelő napsugárzás változásokat klímamodellbe helyettesítjük, akkor a kapott hőmérséklet-ingadozások kisebbek, mint a megfigyelt értékek (*Webb és Wigley, 1985*).

A 3. ábra az elmúlt huszonöt ezer év hőmérséklet változásait mutatja, elsősorban a jégminták O^{18} analízise alapján. Látható, hogy a 10–15 ezer évvel ezelőtti időszakban a hőmérséklet lényegében emelkedett, majd a holocénben bizonyos ingadozásokat nem tekintve, közel állandó volt. Az utolsó lehülési periódust 1550 és 1850 között figyelték meg („kis jégkorszak”). 1850 óta a hőmérséklet újból emelkedett, és ezt már közvetlen légköri megfigyelések is bizonyítják.



3. ábra: A hőmérséklet változása az elmúlt 25 ezer év folyamán (*McElroy, 1986*). A nyíl az ún. „kis jégkorszakot” jelzi.

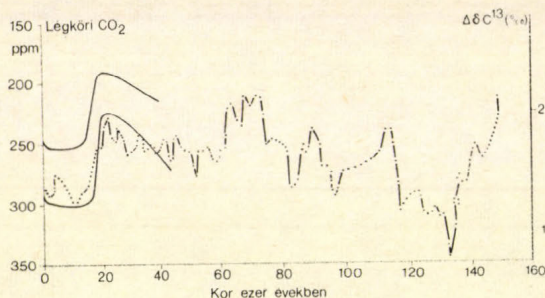
3. A szén-dioxid légköri koncentrációjának múltbeli változásai

Mint említettük, a Föld pályaelemeinek változásai szoros kapcsolatban vannak a klímaváltozásokkal. Ugyanakkor csak csillagászati okokkal az éghajlat ingadozásai nem magyarázhatók meg kielégítően. Kézenfekvőnek tűnik ezért annak feltételezése, hogy a napsugárzás erőssége változásainak hatását bizonyos földi paraméterek megváltozása tovább erősíti. Ilyen földi tényező lehet a légköri szén-dioxid koncentrációja, amelynek változásai, az üvegházhatás módosításán keresztül, az éghajlatot számottevően befolyásolják.

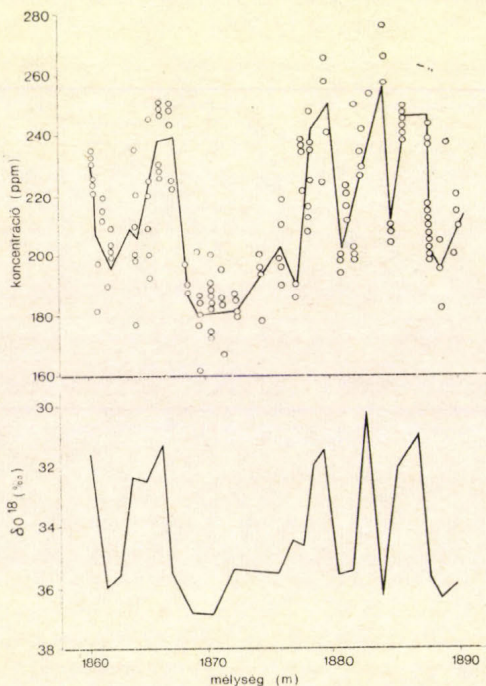
A 4. ábra a légközi szén-dioxid szintjének változásait mutatja, részben a tengeri üledék szénizotóp (*Shackleton et al., 1983*), részben a jégmintákba (*Nefel et al., 1982*) zárt levegő CO_2 analízise alapján. Ez utóbbi esetben a két görbe a mérések bizonytalanságát jellemzi. Az ábrából kitűnik, hogy az elmúlt 150 ezer évben a szén-dioxid légköri koncentrációja lényegesen ingadozott. A CO_2 szint az utolsó glaciálisban 50–70 ppm-mel kisebb volt, mint a holocénben, bizonyítva, hogy a szén-dioxid koncentrációja és az átlagos hőmérséklet egyenesen aránylik egymás-

hoz. Ezt az összefüggést támasztja alá az 5. ábra is, amelyen Oeschger és Stauffer (1986) alapján a különböző mélységekben vett jégminták relatív O^{18} koncentrációját is feltüntettük.

Az óceáni üledékekben levő planktonok és bentoszok oxigén- és szénizotópos vizsgálatát később Shackleton és Pisias (1985) az utóbbi 340 ezer évre vonatkozóan is elvégezte. A 6. ábra az egyenlítői Csendes-óceán talapzatában végrehajtott fúrások alapján kapott eredményeiket illusztrálja. Az adatok spektrális analizisével a 7. ábrához jutunk, Mint látható, a légköri CO_2 időbeli változásainak



4. ábra: A légköri szén-dioxid szintjének múltbeli változása óceáni üledékek (pontozott görbe: Shackleton et al., 1983), illetve jégminták (kihúzott görbék: Neftel et al., 1982) analizise alapján.



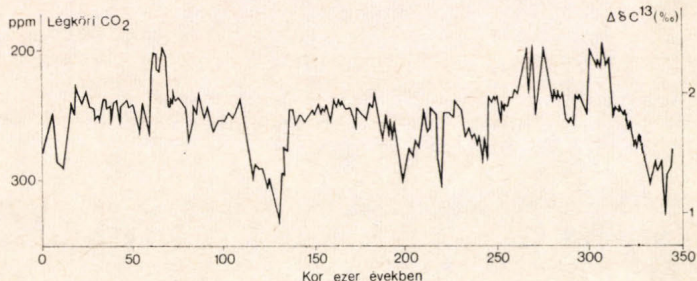
5. ábra: A hőmérsékletet-jellemző O^{18} , illetve a szén-dioxid koncentrációja különböző mélységekben vett grönlandi jégmintákban Oeschger és Stauffer (1986) szerint. A feltüntetett mélységek a 30-40 ezer évvel ezelőtti glaciális időszakokra vonatkoznak.

periódusai megegyeznek a hőmérséklet-változások ciklusaival. Ez más szavakkal azt jelenti, hogy a levegő szén-dioxid koncentrációja is kapcsolatba hozható a Föld pályaelemeinek változásaival.

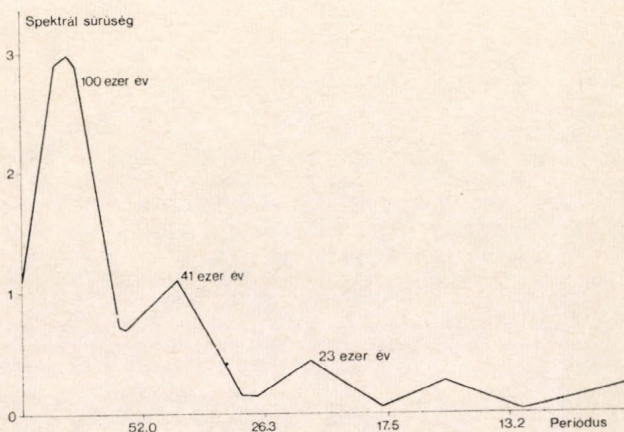
Számos szerző egybehangzó véleménye szerint a légköri CO_2 szint hidegebb időszakokban megfigyelt csökkenése nem magyarázható az óceánok hőmérsékletének és sótartalmának változásaival. A csökkenést minden valószínűség szerint a biológiai aktivitás növekedése okozza. Azt mondhatjuk tehát, hogy az óceáni

élet a légkör CO_2 tartalmát alapvetően meghatározza. Az már természetesen további kérdés, hogy hűvösebb periódusokban miért növekszik meg a felszíni vizekben a nitrogén és a foszfor koncentrációja. Broecker (1982) úgy gondolta, hogy a foszfor koncentrációjának emelkedését az okozza, hogy a visszahúzóó tengervíz a partmenti üledékekből számos anyagot, így foszfátot mos ki. McElroy (1986) és munkatársai viszont feltételezik, hogy a jelenség a napsugárzás intenzitásának változásaival függ össze. Végül Siegenthaler és Wank (1984) a fotoszintézis erősödését egyértelműen az óceáni cirkuláció módosulásával magyarázza. Min-

6. ábra: A légköri széndioxid szintjének változása az elmúlt 340 ezer év folyamán óceáni üledékekben levő planktonok és bentoszok C^{13} analízise alapján (Shackleton és Pias, 1985).



7. ábra: A légköri CO_2 változékonyságának spektrális analízise a 6. ábrán látható adatok felhasználásával (McElroy, 1986).



denesetre úgy tűnik, hogy az óceánok felszín közeli vizének nitrát és foszfor koncentrációja befolyásolja Földünk éghajlatát. A kérdést még érdekesebbé teszi az a tény, hogy a foszfor óceáni tartózkodási ideje kb. 100 ezer év, ami megegyezik a leglényegesebb éghajlati periódus időtartamával.

A klímaváltozások problémáját azonban a sok új érdekes eredmény ellenére sem tekinthetjük megoldottnak, Modellszámítások eredményei ugyanis arra utalnak (Pias és Shackleton, 1984; Webb és Wigley, 1985), hogy a Föld pályaelemeinek ingadozása miatti napsugárzás és szén-dioxid koncentráció változások egyidejű figyelembe vételével sem kapunk a mérési adatokkal egyező eredményeket. Mindez azt jelenti, hogy ezen a területen további kutatásokra van szükség, amit az is indokol, hogy az emberi tevékenység révén a levegőbe egyre több széndioxid kerül, és az ipari forradalom előtti kb. 260 ppm-es értéket (Raynaud és Barnola, 1985) a CO_2 koncentráció máris jelentősen meghaladja (>340 ppm). A bemutatott vizsgálatok szerint ilyen magas koncentráció az utóbbi kb. 400 ezer év alatt igen ritkán fordult elő¹.

¹ Bizonyos geológiai adatok valószínűvé teszik, hogy a pleisztocén előtti korokban a légköri szén-dioxid szintje jóval meghaladta a jelenlegi értéket (Gammon et al., 1985).

4. Következtetések

Az óceáni üledék és a sarki jégtakaró analízise, valamint éghajlati modell-számítások útján kapott újabb eredményeket a következőképpen foglalhatjuk össze.

a) Az éghajlatváltozások szoros kapcsolatban vannak a Föld pályaelemeinek ciklikus változásaival. Bár az utóbbiakkal a hőmérséklet-ingadozások múltbeli amplitúdói teljes mértékben nem magyarázhatók, valószínű, hogy a csillagászati paraméterek a klímaváltozások kiváltó okai.

b) A légköri szén-dioxid koncentrációja a pleisztocénben a hőmérséklettel párhuzamosan változott, erősítve a besugárzás intenzitásának változása miatti hőmérsékleti ingadozásokat.

c) Az óceáni élet, valamint a légköri szén-dioxid szintje, illetve az éghajlat között szoros kapcsolat van.

d) Az éghajlat változásainak tanulmányozását a jövőben a biológiai és földtudományok művelőinek még szorosabb együttműködésével kell tovább folytatnunk.

IRODALOM

- Broecker, W. S., 1982: Glacial to interglacial changes in ocean chemistry. *Progress in Oceanography* 11, 151 – 197.
- Dansgaard, W., 1964: Stable isotopes in precipitation. *Tellus* 26, 436 – 468.
- Frakes, L. A. 1979: *Climates throughout geologic time*. Elsevier, Amsterdam, Oxford, New York.
- Gammon, R. H., Sundquist, E. T. and Fraser, P. J., 1985: History of carbon dioxide in the atmosphere. In *Atmospheric carbon dioxide and the global carbon cycle* (ed. J. R. Trabalka) 25 – 62. United States Department of Energy, Washington, D. C.
- Hays, J. D., Imbrie, J. and Shackleton, N. J., 1976: Variations in the Earth's orbit: pacemaker of the ice ages. *Science* 194, 1121 – 1132.
- Imbrie, J., Hays, J. D., Martinson, D. G., McIntyre, A., Mix, A. C., Morley, J. J., Pisias, N. G., Prell, W. L. and Shackleton, N. J., 1984: The orbital theory of Pleistocene climate: support from a revised chronology of the marine $\delta^{18}\text{O}$ record. In *Milankovitch and climate* (eds.: A. L., Berger et al.), Part I, 269 – 305. Reidel Publ. Co., Dordrecht.
- Kordos, L., 1979: *A magyarországi paleoklimatológiai kutatások módszerei és eredményei*. Az Országos Meteorológiai Szolgálat hivatalos kiadványai, I. kötet, Budapest.
- McElroy, M. B., 1986: Change in the natural environment of the Earth: the historical record. In *Sustainable development of the biosphere* (eds. W. C. Clark and R. E. Munn), 199 – 212. Cambridge University Press, Cambridge.
- Nefel, A., Oeschger, H., Schwander, J., Stauffer, B. and Zumbunn, R., 1982: Ice core measurements give atmospheric CO_2 content during the past 40,000 y. *Nature* 295, 220 – 223.
- Oeschger, H. and Stauffer, B., 1986: Review of the history of atmospheric CO_2 recorded in ice cores. In *The changing carbon cycle: global analysis* (eds. J. R. Trabalka and D. E. Reichle), Springer-Verlag, New York.
- Pisias, N. G. and Shackleton, N. J., 1984: Modelling of the global climate response to orbital forcing and atmospheric carbon dioxide changes. *Nature* 310, 757 – 759.
- Raynaud, D. and Barnola, J. M., 1985: An Antarctic ice core reveals atmospheric CO_2 variations over the past few centuries. *Nature* 315, 309 – 311.
- Shackleton, N. J. and Pisias, N. G., 1985: Atmospheric carbon dioxide, orbital forcing, and climate. *Geophysical Monograph* 32, 303 – 317.
- Shackleton, N. J., Hall, M. A., Line, J. and Chui, C., 1983: Carbon isotope data in core V9 – 30 confirm reduced carbon dioxide concentration in ice age atmosphere. *Nature* 306, 319 – 322.
- Siegenthaler, U. and Wenk, Th., 1984: Rapid atmospheric CO_2 variations and ocean circulation. *Nature* 308, 624 – 626.
- Webb, T. III. and Wigley, T. M. L., 1985: What past climates can indicate about a warmer world. In *The potential climate effects of increasing carbon dioxide* (eds. M. C. MacCracken and F. M. Luther), 237 – 257. United States Department of Energy, Washington, D. C.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata, 91. évf. 5. szám, 1987. szeptember – október
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 91, No 5. Sep–Oct 1987, Budapest

Adatok a Balaton szélklímájához

AMBRÓZY PÁL és PAPP ÉVA, Központi Meteorológiai Intézet, Budapest, H–1525, Pf. 38.

On the wind climate of Lake Balaton. New possibilities has been achieved for the detailed description of wind distribution of Lake Balaton due to the siting of automatic wind measuring stations. Using the data collected in 1982–1983 detailed picture can be given on the local differences in speed and direction, the diurnal variation of the wind direction (coastal wind) and the wind speed differences blowing from the lake and from the shore on the northern coastline. While on the northern shore the speed of winds blowing from the lake (S, SE, E) is close to the ones blowing from the land (W, NW, N), on the southern shore the latter ones are twice stronger than the southerly-easterly winds (Fig. 4.). The wind directions measured synchronously along the shore show rather large variability (Fig. 6.). Even in the case of large wind speeds, mainly due to orographic effects, great differences can be found in the wind directions (Fig. 7.).

*

Adatok a Balaton szélklímájához. A Balaton szélviszonyainak részletes feltárására az utóbbi években a tó körül telepített automata szélmérők adatai jó lehetőséget biztosítanak. Az 1982–1983-ban rögzített adatok segítségével a korábinál részletesebb képet kaphatunk a lokális különbségekről, a széliránygyakoriság napi menetéről (parti szél), valamint a víz felől, ill. part felől fújó szelek sebességkülönbségétől az északi, ill. déli parton. Míg az északi parton a víz felőli szelek (S, SE, E) sebessége megközelíti a szárazföld felől fújókéét (W, NW, N), addig a déli parton az utóbbiak kétszer erősebbek, mint a déli – keleti szelek (4. ábra). A partmenti állomásokon egyidejűleg mért szélirányok meglehetősen nagy szórást mutatnak (6. ábra). Még nagy szélességek esetén is – főleg a domborzat hatására – kis távolságon belül jelentős széliránykülönbségek találhatóak (7. ábra).

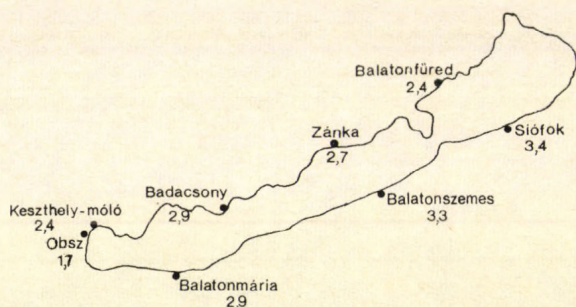
*

A Balaton éghajlatával, s ezen belül az egyik legfontosabb elem, a szél jellegzetességeinek vizsgálatával klimatológus elődeink közül sokan foglalkoztak. Nem csekély a megjelent dolgozatok, közlemények száma sem. Ezek közül itt csak a két legátfogóbb műre utalunk *Béll és Takács (1974)*, *Götz (1966)*, amelyek az 1958–1963 közötti „Balaton-kutatás” alapján készültek.

A felszínközeli légáramlás vizsgálatára akkor Siófok és Keszthely óránként regisztrált széladatai, valamint hat klímaállomás napi három alkalommal ún. Wild-féle szélzászlóval mért adatai szolgáltak. Ez utóbbiak nem mind származtak a tó közvetlen partjáról. Ma már lehetőségünk van a tó *közvetlen* partmenti sávjában a hetvenes évek végén elhelyezett automata állomások (1. ábra) óránkénti méréseinek felhasználására. Következtetéseink az 1982–1983-as év viharjelzési szezonjában (május–szeptember) mért adatok felhasználásával születtek. Az adatok értékelésekor szem előtt kell tartanunk azt, hogy az óránkénti mérések az egyperces átlagolású szélességet, a pillanatnyi szélirányt (8-as bontásban) és az elmúlt órában érzékelt maximális szélesség nagyságát adják meg. Ez

csak viszonylag nagy esetszám esetén vehető össze az óránkénti szélutat szolgáltató Fuess-műszer szélregisztrátumával, ill. a vizuálisan megállapított széliránnyal. Számításaink során törekedtünk a nagy esetszámra, de egy-két esetben csak egyedi értékekkel dolgoztunk, erre majd utalunk.

Az I. táblázatban a két nyári szezon (1982 és 1983) 5–5 hónapi méréseiből számított átlagos szélebséget mutatjuk be, a napi négy: 1, 7, 13 és 19 órai terminus felhasználásával. Mint várható is volt, a déli parton az átlagsebesség szinte



1. ábra. Szélmérőhálózat a Balaton parti sávjában, és az átlagos szélebség m/s-ban (1982–83 május–szeptember)

mindenütt magasabb, mint az északon. Az is jól ismert tény, hogy Keszthelyen a parti állomás a nap minden szakában szelesebb, mint a fassorral és épületekkel részben takart obszervatórium.

I. TÁBLÁZAT

A szélebség (m/s) napi menete, 1982–83. május–szeptember

Állomás	Időpont, óra				Átlag
	01	07	13	19	
Siófok	3,3	2,9	3,8	3,2	3,4
Balatonszemes	3,0	2,7	3,8	3,6	3,3
Balatonmária	2,7	2,7	3,4	2,8	2,4
Keszthely obsz.	1,2	1,4	2,6	1,5	1,7
Keszthely, móló	2,0	1,9	3,1	2,5	2,4
Badacsony	2,5	2,8	3,4	3,0	2,9
Zánka	2,5	2,3	3,3	2,6	2,7
Balatonfüred	2,1	2,0	3,3	2,3	2,4

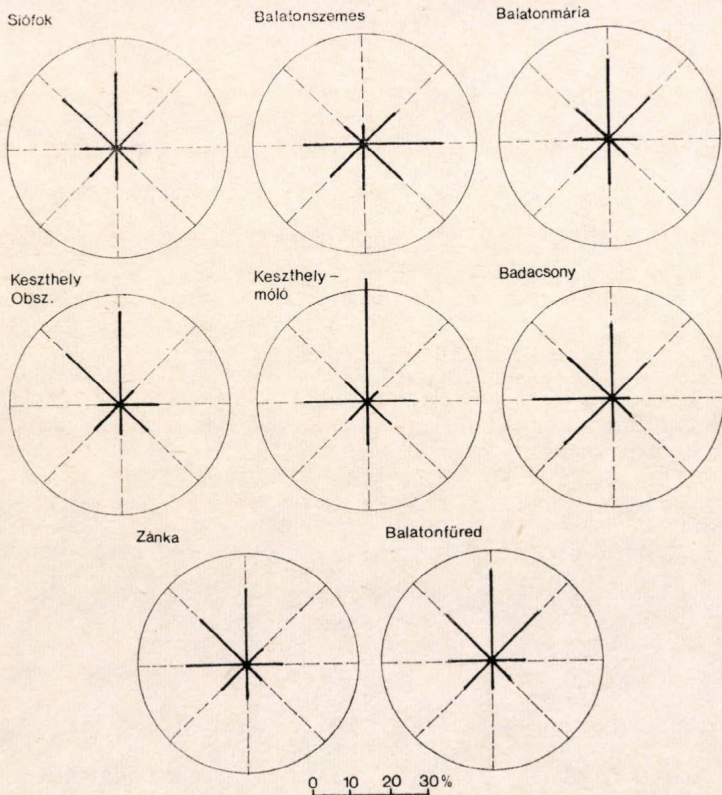
A szélebség napi menetét jellemzi mindegyik állomáson az éjszakai-reggeli minimum, déli, kora délutáni maximum. A napi menet a gyenge szelű keszthelyi obszervatóriumban sokkal határozottabb, mint a szabadabb felállítási, a sűrűlődnak kevésbé kitett, összes többi parti állomáson.

A széliránygyakoriságok Balatonszemes kivételével általában hasonló eloszlást mutatnak (2. ábra). Balatonszemesen átmeneti műszerhiba okozta az északi szeleket nagymértékben nélkülöző eloszlást. A műszer által azonosíthatatlan irányúnak kódolt szelek (elég jelentős volt a számuk) valószínűleg mind az északi irányokba estek. A kérdés azonban még behatóbb vizsgálatot érdemel.

Megkísértük a széliránygyakoriság napi menetében rejlő sajátosságokat is feltárni. Minden állomáson négy időpontra elkészítve a szélrózsákat, úgy találtuk, hogy az esti, az éjszakai és a kora reggeli széleloszlás eléggé hasonlított egymásra, a nappali (13 órás) viszont ezektől helyenként határozottan eltért. Példaként a déli partról a balatonmáriai, az északiról a zánkai 01 és 13 órai eloszlást mutatjuk be. Látható, hogy a déli parton napközben az északi, az északi parton a délies

szelek gyakorisága megnőtt, vagyis kimutatható a parti szél nappali ága (3. ábra), de — összevetve a 2. ábra időben nem bontott széliránygyakoriságával — az éjszakai eloszlásban is felfedezhető a szárazföld felől fújó szelek gyakoriságának megnövekedése. A jelenség talán még markánsabban mutatkozna, ha leválasztottuk volna a frontális tevékenységhez kapcsolódó erős szeleket.

Figyelmet érdemelhet az is, hogy különböző szélirányok esetén hogyan befolyásolja a Balaton a parti állomásokon a *szélsebesség* alakulását. Az közismert,

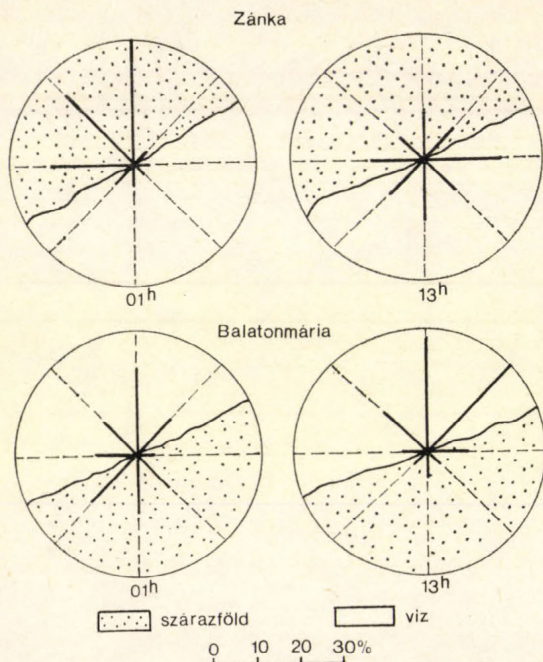


2. ábra. Széliránygyakoriság m/s-ban (1982 – 83 május – szeptember)

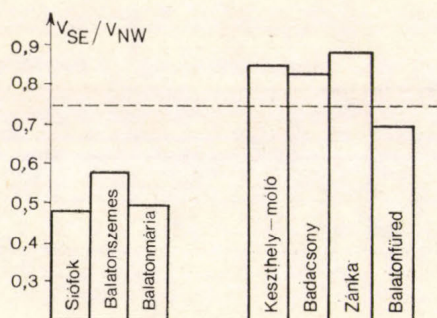
hogy a part mentén elhelyezkedő siófoki állomásunkon az *átlagos* szélsebesség számottevően meghaladja a környékbeli, de nem parti állomások szélsebességét. Ebben fontos szerepet játszik az, hogy az uralkodó, és más állomásokon is nagyobb átlagos sebességű NW szélirány itt éppen víz felőli, tehát a súrlódás sebességet csökkentő hatása a leggyakoribb szeleknél hiányzik. De mi a helyzet vajon a másik parton, ahol az északnyugati szél már nem a víz felől érkezik az állomásokra? A kérdés eldöntésére kettéválasztottuk a szélirányokat, és a hozzájuk tartozó átlagsebességeket, mégpedig a Balaton tengelye menti irányban (ESE – WSW). Eszerint az északi parton az ESE – WSW irányok közötti szeleket víz felőli szeleknek, míg ugyanezeket a déli parton szárazföld felőlieknek tekintettük, a WSW – ESE szektorbelieket pedig éppen fordítva. Kérdés, hogy az így szétválasztott szelek sebességeiben milyen sajátosságokat találunk.

Ha nem lenne a Balaton, az ESE – WSW szektorba eső szelek átlag-sebessége a WSW – ESE irányúakénak kb. 0,75-szöröse lenne. (Alapul Mentshely és Ireg-

szemcse 8 évi, óránkénti mérési adatai szolgálnak, az előbbin 0,74, az utóbbin 0,76 ez a hányados). Várható, hogy a déli parton a keleti–déli szelek átlagsebessége a nyugati–északi szelekhez képest 0,75-nél kisebb, az északi parton pedig nagyobb hányadost eredményez. Mint a 4. ábrán látható, a déli parton ez az érték 0,48–0,57 között van, míg az északin 0,70–0,89 között. A „Balaton nélküli”



3. ábra: Széliránygyakoriság (%) 01 és 13 órakor egy északi és egy déli partmenti állomáson



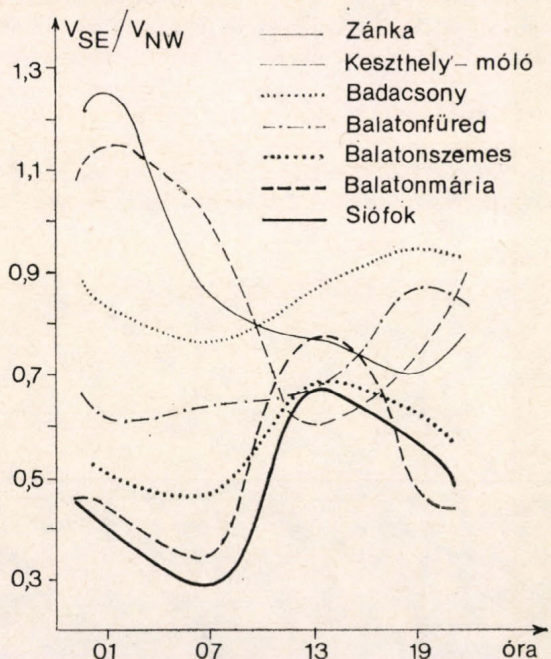
4. ábra: A déli–keleti szelek sebességének hányadosa és az északi–nyugati szektorból fújó (V_{SE}/V_{NW}) a Balaton déli és északi partján

állapotot a 0,75-ös értéket jelző szaggatott vonal jelentené. A két part eltérő szélviszonyai így számszerűleg is kimutathatók.

Az északi parton a délies–keleties szelek átlagsebessége megközelíti a nyugatias–északias szelekét, míg a déli parton alig több, mint ezeknek 50%-a.

Nagyon is váratlan és fizikailag nehezen magyarázható a napi menete ennek a hányadosnak. A déli part állomásainak az 5. ábrán bemutatott görbéi szinte párhuzamosan futva, kora reggeli minimumot, ill. délutáni maximumot mutatnak, s ez azt jelenti, hogy éjszaka és reggel a part felőli szelek eredő szélvektora sokkal kisebb a vízfelőlihez képest, mint nappal. Ez pedig pont ellentétes azzal, amit a termikus különbségekből adódó parti légcirkuláció produkálna (éjszaka

erősebb keleti komponens, nappal erősebb nyugati komponens). Az ellentmondást talán az oldja fel, hogy a viszonylag erős és tartós délies prefrontális szelek a nappali órákban erősödnek, fel, teljesen elnyomva a parti légeirkulációt. Gyakoriságuk nem túl nagy, de a hozzájuk tartozó magas sebességértékek miatt ezek alakítják a hányados értékét a déli órákban.



5. ábra: A V_{SE}/V_{NW} hányados napi menete. Az ábra alatt az északi és a déli partra számított átlagokat közöljük

01	07	13	19	óra
0,96	0,82	0,72	0,81	É. part
0,44	0,36	0,72	0,55	D. part

Az északi parton a két szélkomponens hányadosa sokkal jellegtelenebb napi menetet mutat, a szórás igen nagy. Mindenesetre, a négy északi parti állomás e hányadosainak közepelt értéke 13 órakor mutat minimumot, értéke pedig éppen megegyezik a déli partéval. Ismét nehéz magyarázatot találni arra, miért nagyobb a keleties szélkomponens értéke éjszaka, mint nappal.

A balatoni időjárás előrejelzésében kiemelt a jelentősége a szélirány előrejelzésének. Kérdés, mily pontosságot lehet egyáltalán elérni a Balaton változatos domborzatú parti térségében? Vizsgálatunk arra irányult, hogy az *egyidejűleg* mért szélirányoknak milyen a szórása a part mentén. Kiindulásul mindig a siófoki szélirányt vettük, és ehhez határoztuk meg a többi állomáson a szélirányok gyakorisági eloszlását. Az eredmény igen meglepő volt, amint azt a 6/a, b, c, d. ábrán láthatjuk. (Az ábra nagy terjedelme miatt csak Balatonmária, Keszthely-móló, Badacsony és Balatonfüred széleloszlását mutatjuk be.) A szórás a vártnál sokkal nagyobb lett. Igaz, itt nem voltunk tekintettel a szélirány napi menetére (parti szél), de ez nem is olyan jelentős, hogy ekkora szórást magyarázzon.

Siófokon négy szélirányt vizsgálva az alábbi megjegyzéseket tehetjük:

NE: Balatonmária és Balatonfüred igen jó egyezést mutat. Meglepő Badacsony szélirányeloszlása (6/a. ábra).

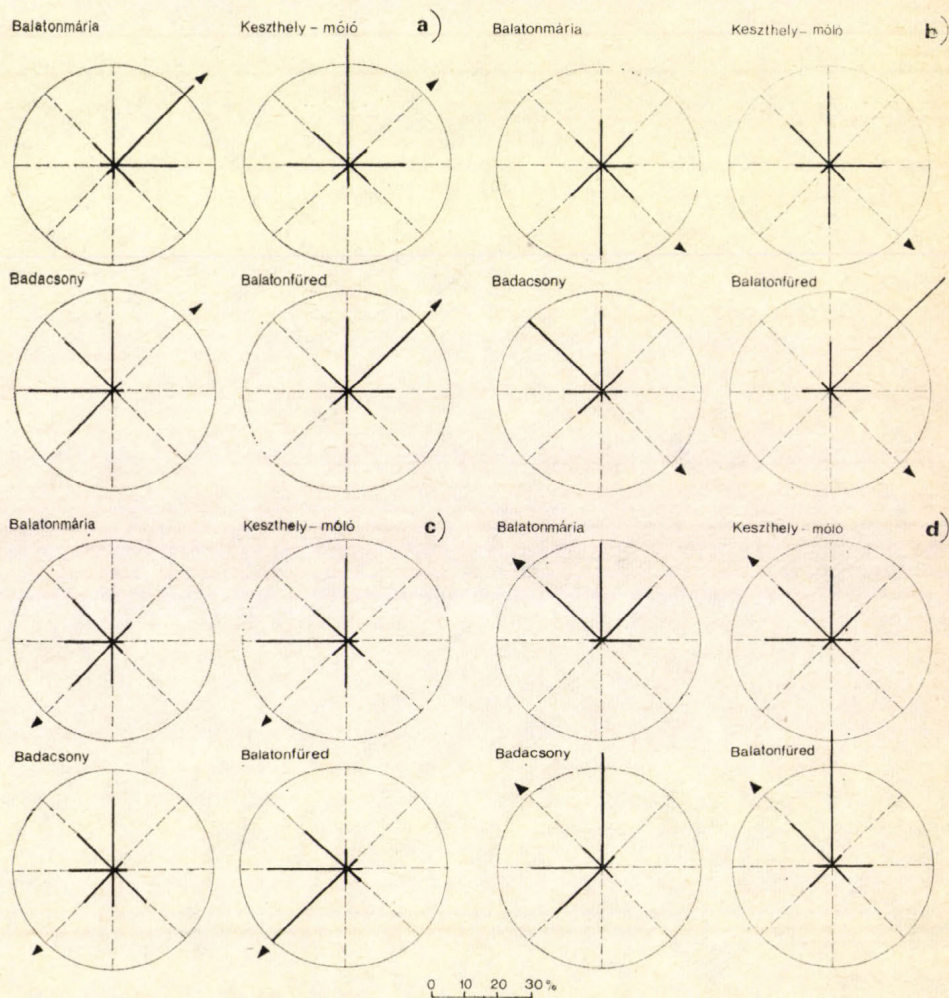
SE: Általában ehhez az irányhoz tartoznak a leggyengébb szelek, így itt szóróknak legjobban a szélirányok (6/b. ábra).

SW: Balatonfüred igen jól egyezik, a többi állomás szórása igen nagy (6/c. ábra).

NW: Balatonfüred igen jó, még Keszthely is elfogadható. Balatonmárián nincs magyarázat a viszonylag sok NE és E szélre (6/d. ábra).

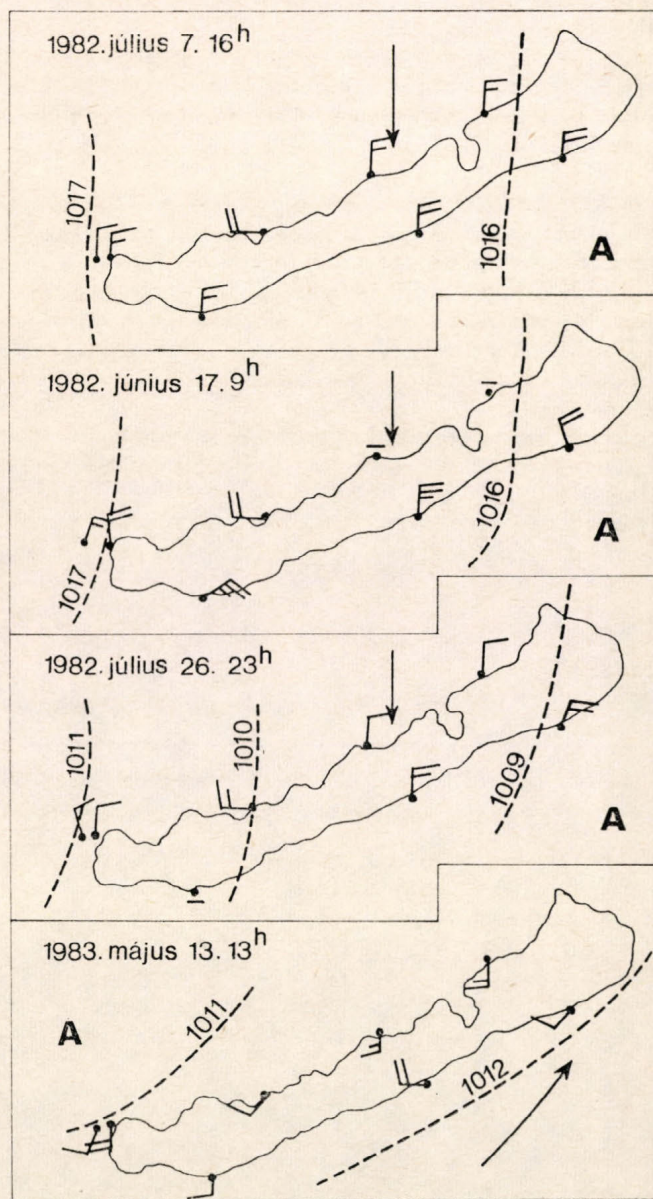
A fentiekből az a tanulság vonható le, hogy a tó partvidékén a szélirány igen jelentős szórására számíthatunk, amiben bizonyára szerepe van a parti szélnek, és – főleg az északi parton – a donborzati viszonyoknak. Megjegyezzük, hogy vizsgálatunk során a szélesebb nagyságát nem vettük tekintetbe az osztályozáskor, azonban az igen gyenge, 2 m/s alatti szeleket figyelmen kívül hagytuk.

Végezetül bemutatunk néhány olyan esetet, (7. ábra felső három rajza), amikor Siófokon legalább hat órán keresztül, 10 m/s, vagy annál erősebb szél



6. ábra: Szélirányeloszlás néhány parti állomáson, amikor Siófokon NE, SE, SW, ill. NW volt a szél iránya

fújt. Ilyen szélsébség idején a termikus eredetű parti cirkuláció eltűnik, tehát a szélirányt mindenképp a légnyomási mező kell, hogy meghatározza. Valóban, a szélirányok az egész Balaton mentén majd mindenütt párhuzamosak az izobárokkal (szaggatott vonalak). Szembetűnik azonban Badacsony következetesen nyugati szele és az 1982. június 17-i példánál Balatonmária északkeleti szele. Ez utóbbi bizonyára annak köszönhető, hogy az egyébként jól mérő műszer széliránymérője éppen északkeletre kicsit kilengett a mérés pillanatában. A badacsonyi nyugati szelek azért is meglepők, mert a nagytömegű statisztikai feldol-



7. ábra: Szélirány- és sebesség-eloszlás a Balaton partján három északi és egy déli irányítású időjárási helyzetben

gozásban az északi és északnyugati szél ott igen nagy gyakoriságú. Miért éppen a viharos szelek idején jelentkezik a hegy áramlást mutató hatása? A választ valószínűleg csak a badacsonyi széladatok részletesebb analízise adná meg.

Az ábra negyedik térképe egy tipikus prefrontális helyzet széleloszlását szemlélteti (erős déli szél az északi parton).

Végül még egy következtetést levonhatunk erről az ábráról: Erős északi szelek esetén nem egyszer előfordul, hogy a déli part mentén, Balatonmárián vagy Balatonszemesen erősebb szél fúj, mint Siófokon, ahol nagyobb lehetősége van a szélnek felgyorsulnia a kb. kétszer szélesebb víztükör miatt. Ez nem közömbös a viharjelzés szempontjából!

Vizsgálataink során a szélmérő automatákkal nyert adatokról megállapítottuk, hogy elsődleges céljukon – a viharjelzés kiszolgálásán túl éghajlati feladatokra is alkalmasak. Természetesen, a felhasználás előtt, mint minden nyers adatsornál, itt is ki kell szűrni az érzékeny műszerek elkerülhetetlenül adódó mérési hibáit.

Az adatok elemzése során gyakran talákoztunk olyan esettel, amikor 1–2 m/s-os átlagszélhez 8–9 m/s-os lökések tartoztak. Ennek nyilván az átlagszél képzésekor alkalmazott rövid (egyperces) átlagolási idő az oka. Ha mód nyílnék nagyobb átlagolási időt venni – természetesen, ha ez találkozik a viharjelző szolgálat egyetértésével is –, az ilyen nagy eltérések bizonyára csökkennének. Előfordultak persze olyan esetek is, amikor az átlagszél megközelítette a maximális szélökés értékét, de ez kevésbé feltűnő, és a víz felőli szél esetén fizikailag helytálló is.

Ugyanez a gondunk a szélirány átlagolási idejével is. A vitorla tehetetlenségének kis mértékű növelése, vagy a pillanatnyi szélirány helyett egy-két perces átlag számítása éghajlati szempontból tovább növelné a partmenti széladatok értékét.

IRODALOM

- Béll Béla és Takács Lajos (szerk.) 1974: *A Balaton éghajlata*. OMSZ. Hiv. Kiadv. XL. kötet, Budapest.
- Götz Gusztáv (szerk.) 1966: *Sturmwarnung am Balatonsee*. OMSZ Hiv. Kiadv. XXX. kötet, Budapest.

MANABE, S. (szerk.): *Issues in Atmospheric and Oceanic Modelling, Part B: Weather Dynamics (A légkör és óceán modellezésének kérdései. B. rész: Időjárás dinamika)*. Advances in Geophysics, Vol. 28, Academic Press, New York, 1985. 432 oldal.

A könyv egy kétkötetes mű második kötete, amelynek négy része az időjárás numerikus előrejelzésével, a mezoléptékű dinamikával, a trópusi dinamikával, valamint a turbulenciával és a konvekcióval foglalkozik. Amint azt *S. Manabe*, a szerkesztő az előszóban írja: a könyv fő célja annak a kérdésnek vizsgálata, hogy a légkör és óceán modellezése, valamint az ezzel kapcsolatos elméleti és diagnosztikai tanulmányok mennyire aktuálisak napjainkban.

Az első rész I. fejezetét *L. Bengtsson* írta. Összefoglalást ad azon fizikai-meteorológiai folyamatokról, amelyek a közepes időskálán döntő jelentőségűek, és így alapul szolgálnak a középtávú előrejelzésben. Ismerteti a hidro-termodinamikai egyenletrendszer általuk felhasznált alakját, majd vázlatos áttekintést nyújt a most és a közelmúltban alkalmazott véges differencia sémákról. Tárgyalja a sugárzás és a felhőzet, a planetáris határréteg és a nedvesség-konvekció parametrizációját. Sorra veszi azokat a változásokat, amelyek az utóbbi években mentek végbe az ECMWF-nél, és amelyeknek köszönhetően némiképp javultak az előrejelzések. Ezen változások közt említi, hogy a rácsponthoz fordított modell felváltotta a spektrális modellt, valamint, hogy bevezettek egy új orográfia reprezentációt. Külön elemzi az északi és déli hemiszférára, illetve a trópusi területekre vonatkozó modell-előrejelzések jóságát. Végezetül azokkal a szisztematikus hibákkal foglalkozik, amelyek jövőbeni kiküszöbölésével a hatékony középtávú előrejelzés időkorlátja 2–4 nappal megnövekedhet.

A második fejezetet „*Hosszabb távú előrejelzés*” címmel *K. Miyakoda* és *J. Sirutis* írták. Nyomon követik a 10-napos előrejelzési modellek kifejlesztésének elmúlt néhány évtizedes történetét. A sort egy hemiszférikus általános cirkulációs modellel (GCM) kezdik, amelyet már a 60-as években alkalmaztak klímatanulmányozásra és előrejelzési kísérletek céljára. Az előrejelzési kísérletekben a következő korszakot a 75–85-ös időszak képviseli, amikor a fő célt a havi előrejelzések kifejlesztésében tűzték ki. Az erre a célra kiválasztott modell eredményeit tesztelték annak megállapítása végett, hogy a sztochasztikusság milyen mértékben jellemző a hónapos időtávra. Az elkövetkező évtizedben várhatóan különös figyelmet fognak szentelni az évszakos előrejelzések kifejlesztésének. Ezzel kapcsolatban az egyik sorsdöntő kérdés az, hogy ezen a skálán egyáltalán értelme van-e előrejelzésnek és ha igen, mi a felső korlát. Az évszakos előrejelzések kidolgozásában két út tűnik járhatónak: egyrészt a lassan változó komponensek változékonysági mechanizmusának, másrészt a „jel” hosszútávú evolúciós folyamatának kutatása.

A harmadik fejezetben *J. Shukla* az előrejelezhetőséggel foglalkozik. A légköri áramlások determinisztikus folyamatokénti előrejelezhetőségének felső korlátja van elsősorban azért, mert a légköri cirkulációt prognosztizáló egyenletek nem lineárisak, és a légkörben a szél, a hőmérséklet és a nedvesség térbeli gradiense mindig lehetővé teszi a hidrodinamikai és termodinamikai instabilitás növekedését. Egy adott modell esetén az előrejelezhetőségi korlátra a legkézenfekvőbb definíció az az időtartam, amelyen belül két csekély kezdeti állapotbeli különbségű előrejelzés eltérése eléri azt az értéket, amelyet két véletlenszerűen választott kezdeti állapotból kiinduló előrejelzés mutat. *J. Shukla* áttekintést ad azokról az első próbálkozásokról, amelyek az előrejelezhetőség meghatározására irányultak. A 60-as évek közepén jelentek meg az első olyan előrejelezhetőségi tanulmányok, amelyek GCM-eket használtak. Napjainkban megújult érdeklődés övezi a problémakört: a hiba növekedési arányát elkülönítve vizsgálják térben és időben, valamint a különböző térbeli skálák, a térbeli felbontás és a kezdeti állapot típusainak vonatkozásában. A hiba növekedési aránya szempontjából döntő jelentőségű a tömeg- és mozgás-mezők dinamikai egyensúlyának, valamint a GCM input adataiként szereplő megfigyelések és a modellben használt határfeltételek konzisztenciájának kérdése. Ismerteti a szerző az erre vonatkozó saját kutatási eredményeit, majd a meteorológiai elemek tér-és idő-átlagainak előrejelezhetőségét vizsgálja.

Az adatasszimilációs eljárásokkal *W. Bourke*, *R. Seaman* és *K. Puri* foglalkozik a könyvben. A numerikus előrejelzés elmúlt 15 évi történetének egyik fő jellegzetessége, hogy a két hagyományosan szeparált funkció, nevezetesen az objektív numerikus analízis és a numerikus modell-előrejelzés összeolvadt egy összetett eljárássá, amelyet ma négy-dimenziós adatasszimiláció néven emlegetnek.

Korszerű megközelítésben ez a következő négy komponensből áll: a megfigyelési adatbázis, az objektív analízis, az inicializációs algoritmus és az előrejelzési modell. Az objektív analízis tekintetében széles körben elterjedt módszer az optimális interpolációs, amelynek alapelve, hogy a megfigyelési hibák és az „első közelítés”-mező hibáinak statisztikai szerkezetét figyelembe véve minimalizálható az átlagos interpolációs négyzetes hiba. Az inicializációra általában azért van szükség, mert a primitív egyenleteken alapuló modellek megengednek olyan gravitációs hullám megoldásokat, amelyek a légkörben előfordulónál jóval nagyobb amplitudóval jelennek meg. Ezek kiküszöbölésére dolgozták ki a nemlineáris normál módus inicializációs módszert. A jelenlegi asszimilációs sémákat tekintve ezek alkalmazzák mind a folytonos, mind a szakaszos adatbevitelt.

A második rész első fejezetében *R. A. Anthes* és szerzőtársai a mezoskálájú légköri mozgások előrejelezhetőségéről írnak. A légkörben két fő tényező korlátozza az előrejelezhetőséget. Az egyik az instabilitások jelenléte, amely a fázistérben szomszédos trajektóriák divergálását okozza, a másik pedig a hullám-spektrum különböző komponensei közti nemlineáris kölcsönhatások ténye. A szerzők ismertetik az ezen két tényező hatásmechanizmusára vonatkozó korábbi kísérleteket, amelyek eredményei elég pesszimista képet festettek az adott skálájú jelenségek előrejelezhetőségéről. Egyúttal megismerhetjük a jelenlegi álláspontot is, amely cáfolja a korábbi véleményeket.

Ezt követően *R. A. Pielke* a termikus és orografikus eredetű mezoskálájú rendszerekről ír. A termikus áramok olyan cirkulációknak tekinthetők, amelyeket a földfelszín különböző mértékű felmelegedése okoz. A termikus mezoskálájú rendszerek négy fő típusban sorolhatók amelyek a szárazföldi- és tengeriszél, a hegy-völgy áramok, a „tó-effektus” viharok és a városi, cirkulációk. A termikusan vezérelt mezoskálájú cirkulációkra nagy mértékben hat a nemlineáris advekción és a turbulens diffúzió. Az orografikus mezoskálájú rendszerek a nagyobb skálájú áramlásoknak a felszíni inhomogenitások következtében létrejött perturbáció miatt alakulnak ki donborzati akadályok közelében jelentkező advekción formájában. A szerző bemutatja azokat az eredményeket, amelyeket az ezen rendszerekkel foglalkozó analitikus és numerikus modellezéssel értek el.

A következő fejezetet *I. Orlanski* és társai írták a légköri frontok elméletének fejlődéséről. A légköri frontok tanulmányozásában elért első kiemelkedő eredmények felsorolása után a szerzők a baroklin hullámok és a frontok kapcsolatával foglalkoznak. Már a korai numerikus szimulációkból kiderült, hogy a növekvő amplitudójú baroklin hullámok következtében létrejönnek olyan területek, amelyeket frontális zónára emlékeztető nagy hőmérsékleti gradiens jellemez. Ez alapján vetődött fel az a hipotézis, miszerint az ilyen hullámokhoz kapcsolódó deformációs mező a frontogenezis szükséges feltétele. Később *Hoskins* és *Bretrerton* kidolgoztak egy analitikus modellt, amelyben a szemigeosztrófikus közelítés segítségével gyakorlatilag az összes korábbi eredményt sikerült reprodukálni azzal az előnnyel, hogy a frontogenezis-problémára analitikus megoldást adtak. A szerzők foglalkoznak a kifejelett frontokkal, dinamikus egyensúlyukkal, valamint néhány modell-kísérlet eredményeivel. Egy esettanulmányban elemzik a hidegfront szerkezetét is.

A harmadik rész első fejezetében *Y. Kurihara* a trópusi ciklonok numerikus modellezésével foglalkozik. A statisztikai vizsgálatok szerint évente mintegy 80 trópusi ciklon keletkezik, és ezeknek fele-kétharmada végül eléri a hurrikán erősséget. A trópusi ciklonok egyfelől be vannak ágyazva nagyobb skálájú környezetükbe, és vele kölcsönhatásban vannak, másfelől kisebb skálájú struktúrákat tartalmaznak, amelyek lényegesek a rendszer fejlődése és fennmaradása szempontjából. A szinoptikus skála, a hurrikánörvény skálája és a cumulus-konvekcion skálája közötti kölcsönhatás az ún. hurrikán-dinamika egészen egyedülálló sajátossága. A hurrikán-dinamika másik jellegzetessége az a kapcsolat a határréteggel, amely magában foglalja a kölcsönhatást a tenger- vagy szárazföld-felszínnel. A keleties hullámokból létrejövő viharok fejlődését a szerző a könyvben részletesen bemutatott modellel tanulmányozza. Az eredmények alapján a modell ugyanazon kezdeti hiullámból a környezeti és felszíni viszonyoktól függően produkálhat egy fejlődő vihart éppúgy, mint egy stagnáló rendszert. A szerző elemzi azokat a tényezőket, amelyek befolyásolják a trópusi vihar kialakulását, majd azon pozitív visszacsatolási mechanizmust tárgyalja, amelynek következtében a trópusi vihar tovább fejlődhet erős örvénnyé vagy pl. hurrikánná.

A következő fejezetet *T. N. Krishnamurti* írta az alacsony szélességekre vonatkozó numerikus előrejelzésről. A trópusi területekre kidolgozott regionális modellek egyszerű megmaradási törvényeket, vagy általánosabb primitív egyenleteket használnak, a globális modell pedig egy többszintes, nagyfelbontású spektrális modell. A trópusi modellekben szükség van az inicializációra ahhoz, hogy helyesen produkálják a gravitációs divergens módusokat, mint például a *Hadley* – *Walker* cirkulációt, vagy a vihar-skálájú divergens cirkulációkat. Ilyen eljárásokról, valamint a cumulus-konvekcion és a sugárzás parametrizációjáról részletes leírást ad a szerző.

Az utolsó rész első fejezetében *J. W. Deardoff* a szub-grid-skálájú turbulencia modellezéséről ír. Egy numerikus modell sosem képes felbontani az olyan mozgás-skálákat, amelyeknek hosszbeli kiterjedése kisebb a rácsávolság kétszeresénél. Mivel a kormányzó egyenletekben a függő változók parciális deriváltjai szerepelnek, és a legnagyobb gradiensek javarészt a grid-skálánál jóval kisebb skálájú rendszerekben fordulnak elő, a kormányzó egyenleteket átlagolni kell. Ez az eljárás az ún. grid-skálájú *Reynolds*-átlagolás, amelyet végrehajtva az eredeti egyenletek formailag megváltoz-

nak, kiegészülnek a „Reynolds-fluxusokkal”. Ezek a tagok képviselik az egyenletekben a szubgrid-skálájú turbulenciát, s ennek modellezhetőségével foglalkozik a szerző.

A következő fejezetet „Halmaz-átlag és a turbulencia lezárása” címmel G. L. Mellor írta. Értelmezi a turbulencia integrális makroskáláját, kifejti, hogy a lokális lezárás meglepően jól alkalmazható annak ellenére, hogy a turbulens makroskála nem elhanyagolható a határreteg méretéhez képest. Részletesen elemzi a halmazátlaggal felírt Reynolds-feszültség transzport egyenletet. Ismerteti a Kolmogorov és Rotta által kidolgozott lezárási hipotézist, majd a numerikus modell-alkalmazásokról ír.

Ezt követően H. A. Panofsky a planetáris határreteggel foglalkozik. Vizsgálja a planetáris határreteg vastagságát a napszak és a szélerősség függvényében, figyelembe véve, hogy a két fő hatótényező a mechanikus és a konvektív eredetű turbulencia. Felírja és elemzi a planetáris határreteg egyenleteit, amelyekben bizonyos egyszerűsítésekhez – Reynolds pusztulátum, Boussinesq közelítés – folyamodik. Ezek után a felszínközeli réteggel, az egyenletek első- és másodrendű lezárásával, majd a határreteg modellekkel foglalkozik.

Végül az utolsó fejezet, amelyet Y. Ogura írt, a konvekció modellezését tárgyalja. A szerző foglalkozik a Bénard–Rayleigh konvekcióval abból a célból, hogy rávilágítson: még a legegyszerűbb folyadék elrendeződése esetén is mennyire eltérő áramlási viszonyok alakulhatnak ki. A fejezet hátralevő részében a légköri konvekciók néhány sajátosságos vonásának ismertetése után a sekély és magas nedves-konvekciókról, majd a cumulus felhőknek nagyobb skálájú környezetükre való visszahatásáról ír.

A röviden bemutatott kötet a modern numerikus prognosztika fejlődésének főbb irányairól, az elvi és gyakorlati problémák széles köréről nyújt nagyon jó összefoglalást. A témakört közvetlenül művelő szakembereken kívül haszonnal forgathatják a kötetet az előrejelzés területén dolgozó szakemberek, valamint az egyetemek felsőbb évfolyamos hallgatói is.

Radnóti Gábor

MÓRI F. TAMÁS – SZÉKELY J. GÁBOR (szerkesztők): *Többváltozós statisztikai analízis*
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1986. 393 old.

A könyv azokból az előadásokból fejlődött ki, amelyeket a Bolyai János Matematikai Társulat szervezésében Tusnády Gábor és Gulyás Ottó irányításával az egyes fejezetek szerzői tartottak, hogy a többváltozós statisztikai analízis utóbbi egy-két évtizedben elért eredményeit közel hozzák a szakemberek szélesebb rétegéhez. Az előadások először a KMI matematikai szemináriumán hangzottak el. A 17 fejezetből álló kötet 13 szerző munkájának eredményeként született. A statisztikai alapfogalmakról a könyv végén található kislexikon, a felhasznált lineáris algebrai ismeretekről pedig a függelék ad tájékoztatást. A szerzők feltételezték, hogy az olvasó már birtokában van a matematikát is oktató felsőfokú oktatási intézményekben megszerezhető alapvető lineáris algebrai, analízis-, valószínűség-számítási ismereteknek.

Az első három fejezetben a többdimenziós normális eloszlás fogalmát, alapvető tulajdonságait és paramétereinek statisztikai elemzéséhez szükséges valószínűség-számítási eszközöket, a negyedik fejezetben a többdimenziós normális eloszlás várhatóérték-vektorára és szórásmatrixára vonatkozó becslés- és hipotézisvizsgálat módszereit ismertetik a szerzők.

Az 5., 6., 7. és 8. fejezet a vektor valószínűségi változók közötti kapcsolattal foglalkozik, így áttekintést kapunk a főkomponens- és faktoranalízisről, valamint a kanonikus korreláció számításáról. A faktor- és főkomponens analízis a többváltozós statisztikai feldolgozások alapvető eszközei közé tartozik. Alkalmazásuk a meteorológiában pl. lehetővé teszi a légköri elemgyüttesek párhuzamos vizsgálatait alkalmával a komponensek egymásrahatásának az értékelését, a számítás egyszerűsítéseket és a kódzsugorítást. A meteorológiai gyakorlatban az ezekkel szoros kapcsolatban álló természetes ortogonális sorfejtés (EOF) a meteorológiai mezők kezelésének általánosan elfogadott módszere. A hazai gyakorlatban eddig kevésbé alkalmazott kanonikus korrelációanalízis pedig változócsoportok egymás közötti összefüggésének vizsgálatára és az egyidejűleg tárolt adatbázisok közötti redundáns információ mérésére alkalmas eszköz.

A 9. fejezet témája a lineáris modellekben történő becslés és hipotézisvizsgálat, valamint a szórásanalízis. A 10. fejezet a meteorológiai gyakorlatban is több helyen alkalmazott osztályozási módszerekről ad áttekintést. Így megtalálhatók a legközelebbi társ módszerre, a lineáris és szakaszonként lineáris szeparálásra és a clusteranalízisre vonatkozó legfontosabb ismeretek. A legközelebbi társ módszer a meteorológiai közép- és hosszútávú előrejelzésben alapvető fontosságú analógias eljárásnak a matematikai megfelelője. Ily módon a korábban intuitívnek vagy heurisztikusnak

tekintett módszer pontos matematikai magyarázatot kapott. A clusteranalízis a kódzsugorítás, a tartalom szerinti csoportosítás másik eszköze, mező- és adategyüttesek tartalom szerinti hasonlósági csoportokba szervezését végzi. Különösen elterjedt az időjárási helyzetek (pontosabban makroszintoptikus típusok) számítógépes objektív és automatizált tipizálására. A 11. és 12. fejezetben a kontingenciatablázatok loglineáris elemzésével és a minimális diszkrimináló információ módszerével ismerkedhetünk meg. A 13. fejezet egy újszerű osztályozási eljárást, az ún. többdimenziós skálázást mutatja be.

A 14. és 15. fejezetben a szimultán döntés paraméteres módszereiről kapunk áttekintést. A 16. fejezet a matematikai statisztikában az ismeretlen paraméterek becslésének legelterjedtebb és elméletileg is legjobban megalapozott módszerével, a *maximum likelihood* módszerrel és ennek tulajdonságaival, valamint alkalmazási lehetőségeivel foglalkozik. Itt kell megemlíteni, hogy a meteorológiában a legszélesebb körben elterjedt többváltozós statisztikai eszköz a regressziós modellek családja. Ennek következtében a regressziós módszerek a meteorológiai előrejelzés alapvető eljárásai, alkalmazásuk a statisztikai előrejelzésen kívül az adatpótlás, az interpoláció területére is kiterjed.

A kötet utolsó fejezete a többváltozós statisztikai analízis leggyakrabban használt számítógépes eljárásait foglalja össze, részletesen pedig a BMDP Statistical Software cég 1981-es programcsomagját ismerteti. A BMDP programcsomag a hazai meteorológusok számára is rendelkezésre áll, de jelen leg az IBM SSP szubrutin könyvtár használata sokkal népszerűbb, elsősorban a szubrutinok rugalmas kezelhetősége miatt. Az SSP programcsomag az OMSZ Számítóközpont BASF és TPA típusú számítógépein egyaránt rendelkezésre áll. Folyamatban van egy az SSP-re támaszkodó, felhasználó orientált, statisztikus programcsomag összeállítása, amely a könyv legfontosabb módszereit valószínűsíti meg.

Összességében egy széleskörűen használható, várhatóan a meteorológusok körében is hamar népszerűvé váló kötettel lett gazdagabb a magyar nyelvű statisztikai szakirodalom. A kötet értékét tovább növeli a nagyszámú (fejezetenként harminc – száz) irodalmi hivatkozás.

Ihász István

PICHLER, H.: *Dynamik der Atmosphäre (A légkör dinamikája)*. Bibliographisches Institut, Mannheim, Wien, Zürich, 1984., 456 oldal, 91 ábra + 7 táblázat.

A közelmúltban jelent meg *Helmut Pichler* professzor tankönyve, aki az innsbrucki egyetemen „Elméleti meteorológia” címmel tartott előadásokat. A könyv ezeknek a kollégiumoknak az anyagát tartalmazza. Más hasonló összeállításhoz képest, formailag szerényebb kiállítású, de éppen ezért lényegesen olcsóbb is, ami nem megvetendő szempont tankönyv esetén.

A szerző a könyv előszavában meteorológus egyetemi hallgatóknak, de ezen kívül hidrológusoknak, geofizikusoknak, hidrodinamikával és alkalmazott matematikával foglalkozó szakembereknek ajánlja művét. Ez a széles körű ajánlás nem is tűnik túlzásnak, ha áttekintjük a kötet tartalmát. Az első fejezet (2 oldal) után a második fejezetben (52 oldal) olyan összefoglalását találjuk a dinamikus meteorológia tanulmányozásához nélkülözhetetlen vektor- és tenzoranalízisbeli fogalmaknak és tételeknek, amelyet eddig többnyire csak száraz matematikai tankönyvekből ismerhettünk meg. Az alapvető definícióktól kezdve a Gauss – Ostrogradszkij- és a Stokes-tételen át a mérleg-, valamint a transzportegyenletekig sok olyan kérdést érint, ami valóban széles körű érdeklődésre tarthat számot. A 17 oldal terjedelmű harmadik fejezet a mechanika és a termodinamika alapegyenleteit írja fel a meteorológusok által használt formában. A termodinamika ismertetése igen szűkös, a vízgőz szerepét nem taglalja a mű. A negyedik fejezet (50 oldal) a mozgásegyenleteket, a kontinuitási egyenletet, valamint az energia, az entrópia és az impulzuszórási mérlegegyenleteit taglalja. A nagyságrendi analízis módszerével ismerkedhet meg az olvasó az ötödik fejezetből (6 oldal). A könyv további fejezetei: 6. A légkör vertikális szerkezete (20 oldal), 7. Kvázisztatikus sűrűdásmentes légköri mozgások (85 oldal), 8. Hullámmozgások a légkörben (80 oldal), 9. Légköri energetika (44 oldal), 10. Légköri határreteg (57 oldal), 11. A számszerű előrejelzés alapjai (13 oldal). A felsorolásból is látható bizonyos aránytalanság. A kvázisztatikus sűrűdásmentes áramlásokat, a hullámmozgásokat és a határreteget bemutató fejezetek jól összefoglalják az egyes témaköröket, de a légköri energetikáról és a számszerű előrejelzésről szívesen olvasnánk még részletesebben. Hasznos része a könyvnek a függelék, ahol az ekvivalens potenciális hőmérséklet definíciója, a fizikai mértékegységrendszer bemutatása és sok meteorológiai állandó értéke található.

Mindent egybevetve igen jó kézikönyv lehet a meteorológusnak – bármely szakterülettel foglalkozik is –, és kiegészítő olvasmánnyként ajánljuk meteorológus egyetemi hallgatóknak. Úgy gondoljuk azonban, hogy egy jó dinamikus meteorológiai monográfia megjelenése még várat magára.

Gyűrő György

SZERZŐINK FIGYELMÉBE

Az IDŐJÁRÁS célja az elméleti és alkalmazott meteorológia tárgykörébe tartozó tanulmányok publikálása. A tanulmányok új kutatási eredményeket tartalmazó beszámolók, illetve adott szakterület időszerű kérdéseit összefoglaló kritikai szemleclikkek lehetnek. A közlés nyelve: magyar vagy angol. A kettes sortávolsággal gépelt kéziratok két példányban küldendők be a következő címre: **Időjárás Szerkesztősége 1525 Budapest, Pf. 38.**

A kéziratokat a szerkesztő bizottság lektoráltatja. A lektor nevét a szerzővel nem közöljük. A kéziratnak a következő formai igényeket kell kielégítenie:

Címresz: Tartalmazza a tanulmány címét, a szerző(k) nevét, munkahelyét és ez utóbbi pontos címét.

Összefoglalás: Külön oldalakon, magyar és angol nyelven, tartalmazza a kutatás célját, módszerét és a kapott eredményeket.

Szövegrész: Alcímekkel értelem szerűen fejezetekre tagolandó.

Irodalmi hivatkozások: Szövegben a hivatkozás tartalmazza a szerző(k) nevét aláhúzva és a publikálás évét. Pl. egyetlen szerző esetén: *Róna* (1909), vagy ha a szerző neve a szövegbe nem illeszthető be: (*Róna*, 1909); két szerző esetén: *Gamow és Cleveland* (1973); több szerző esetén: *Bacsó et al.*, (1953). Ha adott szerzők ugyanazon évben publikált több cikkére hivatkozunk, akkor az évszámhoz *a*, *b* stb. betűket írunk. Az irodalom felsorolása a cikk végén a szerző(k) neve szerinti betűrendben történik. Folyóirat esetén: szerző(k) neve, évszám, a cikk címe, a folyóirat neve, kötetszám, kezdő és befejező oldalszám. Pl.: *Dési, F.*, 1955: A meteorológiai kutatás időszerű kérdései. *Időjárás* 57, 65–70. Könyv esetén: Szerző(k) neve, évszám, könyvcím, kiadó, megjelenés helye. Pl. *Junge, C. E.*, 1963: *Air chemistry and radioactivity*. Academic Press, New York and London.

Ábrák: A kézirat első példányához az ábrákat pausz- vagy mm-papíron, a másodikhoz az eredeti ábrák másolatát kell csatolni. Az ábrák aláírásait külön lapon kell mellékelni. Fényképek fekete-fehér színben, fényes, kontrasztos minőségben nyújthatók be.

Táblázatok: A táblázatokat római számozással, szövegükkel együtt, külön lapon kell mellékelni.

Matematikai formulák és jelölések: A nem latin betűket és kézzel írott jeleket a margón ceruzával írt magyarázattal kell ellátni.

A szerzők megjelent tanulmányukért tiszteletdíjat és térítésmentesen 30 db különlenyomatot kapnak. Több különlenyomat a szerző költségére a kézirat elküldésével egyidejűleg rendelhető.

NOTES TO THE AUTHORS

The purpose of IDŐJÁRÁS is to publish papers in the field of theoretical and applied meteorology. These may be reports on new results of scientific investigations or critical review articles summarizing current problems in certain subject. Authors may be of any nationality but papers are published only in Hungarian or English. Two copies of the manuscripts, typed with double space, should be sent to the **Editorial Office of Időjárás**. Address: **Budapest, P. O. B. 38. H-1525, Hungary.**

Papers will be subjected to constructive criticism by unidentified referees.

The manuscript should meet the following formal requirements:

Title: Should contain the title of the paper, the name(s) of the author(s) with indication of the name and address of employment.

Abstract: Should contain the aim, method and conclusions of the scientific investigation on a separate page.

References: The text citation should contain the name(s) of the author(s) underlined and the year of publication. In case of one author: *Róna* (1909), or of the name of the author cannot be fitted into the text: (*Róna*, 1909); in case of two authors: *Gamow and Cleveland* (1973); there are more than two authors: *Bacsó et al.* (1953). When referring to several papers published in the same year by the same author, the year of publication should be followed by letters, *a*, *b* etc. At the end of the paper the list of references should be arranged alphabetically. For an article: the name(s) of author(s), year, title of article, name of journal, volume number, pages. E. g. *Dési, F.* 1955: Current problems of meteorological research. *Időjárás* 57, 65–70. For a book: the name(s) of author(s), year, title of book, publisher, place of publication. E. g. *Junge, C. E.*, 1963: *Air chemistry and radioactivity*. Academic Press, New York and London.

Figures: Should be prepared entirely in black India ink upon transparent paper and be attached to the first copy of the manuscript; a copy of the original figures should be attached to the second manuscript copy. The legends of figures should be given on a separate sheet. Photographs of good quality may be provided in black and white.

Tables: Should be marked by Roman numbers and provided on separate sheets together with relevant captions.

Mathematical formulas and symbols: Non-Latin letters and hand-written marks should be explained by making marginal notes in pencil.

Authors are receiving 30 reprints free of charge. Additional reprints may be ordered at the authors expense when submitting the manuscript.

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT FOLYÓIRATA

A szerkesztésért felel: dr. Szepesiné Lőrincz Anna
Szerkesztőség: 1024 Budapest, Kitaibel Pál utca 1.
Levélcím: 1525 Budapest, Pf. 38. tel.: 353-500

Kiadja a Pallas Lap- és Könyvkiadó Vállalat, Budapest VII., Lenin körút 9—11. Telefon: 221-285
Levélcím: 1906 Budapest, Pf. 223

Felelős kiadó: Siklósi Norbert vezérigazgató
87.1292., Állami Nyomda, Budapest
Felelős vezető: Mihalek Sándor igazgató

INDEX: 26 361

HU ISSN 0324—6329