

IDŐJÁRÁS

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT FOLYÓIRATA

87. ÉVF. ★ 2. SZÁM ★ 1983. MÁRCIUS — ÁPRILIS

TARTALOM

<i>Haszpra László</i> : Csapadékkémiai mérőhálózatok tervezése III. Nitrát és ammónium adatok (angol nyelven)	57
<i>Horváth László</i> : Az ammónia koncentrációja és talajközeli vertikális fluxusa a levegőben (angol nyelven)	65
<i>Samaj, M.</i> : Numerikus modellkísérletek szennyező anyagok légköri terjedésének vizsgálatára (angol nyelven)	71
<i>Kurczné Csiky Ildikó</i> : A csapadék tríciumkoncentrációja Magyarországon	77
<i>Maller Aranka Judit</i> : Száraz periódusok makroszínoptikai analízise	83
<i>Pap Judit</i> : A napállandó meghatározásának újabb eredményei	94
<i>Béll Béla</i> : Meteorológiai tevékenység a nemzetközi geofizikai együttműködés keretében	105
<i>Götz Gusztáv</i> : Meteorológiai együttműködés a Nemzetközi Geofizikai Évet követően: Globális Léggörkutató Program és Éghajlati Világprogram	112
Krónika	118

CONTENTS

<i>Haszpra, L.</i> : On the planning of precipitation chemistry networks, III. Nitrate and ammonium data (in English)	57
<i>Horváth, L.</i> : Concentration and near surface vertical flux of ammonia in the air in Hungary (in English)	65
<i>Samaj, M.</i> : A numerical analysis of the effects of atmospheric conditions on the transport of air pollutants (in English)	71
<i>Kurczné Csiky, I.</i> : The tritium concentration of precipitation in Hungary	77
<i>Maller, A.</i> : Macrosynoptic researches into the causes of dry periods in Hungary	83
<i>Pap, J.</i> : The recent results of the determination of the solar constant	94
<i>Béll, B.</i> : The meteorological activities during the international geophysical cooperations	105
<i>Götz, G.</i> : Meteorological collaboration succeeding the International Geophysical Year: the Global Atmospheric Research Programme and the World Climate Programme	112
Chronicle	118

JOURNAL OF THE HUNGARIAN METEOROLOGICAL SERVICE

VOL. 87. ★ NO. 2. ★ MARCH — APRIL 1983 ★ BUDAPEST

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata
Journal of the Hungarian Meteorological Service

SZERKESZTŐ BIZOTTSÁG – EDITORIAL BOARD

AMBRÓZY P. (Budapest)	MESINGER, F. (Beograd)
ANTAL E. (Budapest)	PÉCZELY GY. (Szeged)
BENGTSSON, L. (Reading)	RÁKÓCZI F. (Budapest)
BÖHME, W. (Potsdam)	RENOUX, A. (Paris-Créteil)
BUDYKO, M. I. (Leningrad)	ŠAMAJ, F. (Bratislava)
FEDERER, B. (Zürich)	SPÄNKUCH, D. (Potsdam)
FISHER, B. (Leatherhead)	STELCZER K. (Budapest)
GEORGII, H. – W. (Frankfurt a. M.)	SZEPESI D. (Budapest)
GÖTZ G. (Budapest)	TAYLOR F. W. (Oxford)
GULYÁS O. (Budapest)	TÁNCZER T. (Budapest)
HAMAN K. (Warsawa)	VARGA-HASZONITS Z. (Budapest)
HUSAR, R. (St. Louis, Missouri)	VITEK, V. (Praha)
LOGVINOV, K. (Kijev)	WHELPLEDALE, D. M. (Downsview, Ont.)
MAJOR GY. (Budapest)	WIRTH E. (Pécs)

Elnök – Chairman of the Editorial Board:

MÉSZÁROS E. (Budapest)

Szerkesztő – Editor:

LŐRINCZ ANNA (Budapest)

Szerkesztőség: Budapest, Postafiók 38. 152 5

Előfizetés: 1 évre 228 Ft. Megrendelhető: Az Országos Meteorológiai Szolgálat Pénzügyi Osztályán
Budapest, Kitaibel Pál utca 1. 1024. Levélcím: Budapest, Pf. 38. 1525. Megjelenik kéthavonként
Egyes szám ára 38 Ft.

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

The actual subscription rate is determined by the distributor

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 87. évf. 2. szám. 1983. március – április
Journal of the Hungarian Meteorological Service. Vol. 87. No. 2 March – Apr 1983. Budapest

On the planning of precipitation chemistry networks, III. Nitrate and ammonium data*

L. HASZPRA, *Institute for Atmospheric Physics, H—1675 Budapest, P.O.B. 39.*

Csapadékkémiai mérőhálózatok tervezése III. Nitrát és ammónium adatok. Skandináv csapadékkémiai mérések felhasználásával a szerző megvizsgálja, hogyan függ a csapadékvízben található NO_3^- és NH_4^+ mennyiség interpolálásának és területi közepelésének pontossága a hálózat sűrűségétől és a hálózat által lefedett terület nagyságától. A kapott adatok alapján olyan hálózatok sűrűségét határozza meg, amelyek lehetővé teszik az évi NO_3^- nedves ülepedés területi értékeinek 10%-os, a havi NO_3^- nedves ülepedés területi értékeinek 25%-os, illetve a havi pontbeli NO_3^- koncentráció értékek 30%-os pontosságú meghatározását. Megvizsgálja, hogy ezek a hálózatok milyen pontosságú adatokat szolgáltatnak az NH_4^+ nedves ülepedésére és koncentrációjára vonatkozóan. Az eredmények segítséget nyújtanak olyan állomáshálózatok megtervezéséhez, amelyek fő feladata a csapadékvízben található nitrogénvegyületek mennyiségének megfigyelése.

✱

On the planning of precipitation chemistry networks III. Nitrate and ammonium data. Using Scandinavian precipitation chemistry data the dependence of the accuracy of the interpolation and areal averaging of NO_3^- and NH_4^+ contents of precipitation water on the density of the network and on the size of the area considered are studied. On the basis of the results obtained the density of networks is calculated that enables the determination of the annual and monthly areal NO_3^- wet deposition as well as of the point values of the monthly NO_3^- concentration with an accuracy of 10%, 25% and 30%, respectively. The accuracy provided by such networks for NH_4^+ deposition and concentration measurements is studied. The values obtained give a suitable basis to plan networks for monitoring the nitrogen compounds in precipitation water.

✱

Introduction. In the last decades the air pollution has become a global phenomenon. Man modifies the chemical composition of the atmosphere not only in the vicinity of the cities and factories; but man-made constituents can also be identified far away from the site of human activities.

The chemical composition of precipitation water characterizes well the quantity of the trace constituents (aerosol particles, water-soluble gases) contained in the troposphere. Further, for budget calculations and long range transport modelling precipitation chemistry observations are also needed. Therefore the programme of each type of monitoring stations involves the precipitation chemistry measurements. However, the network density necessary for different purposes is an open question.

*Presented of Swedish-Hungarian Seminar on Atmospheric Chemistry, Budapest, 12 October 1982

In our investigation we deal with the regional (50–500 km) background air pollution. Using a mathematical statistical method we study the necessary density of regional stations for precipitation chemistry measurements and the accuracy of the networks.

In the first part of our series (*Haszpra*, 1980) the principles of the mathematical methods were reviewed on the basis of the work of *Gandin* (1963) and *Kagan* (1967). In the second part (*Haszpra*, 1981) we presented the improved form of the methods by which the necessary density of randomly distributed stations, more suitable for real conditions, could be determined. For the numerical calculations in both cases SO_4^{2-} data were used.

Nitrogen compounds play an important role in the atmosphere and biosphere. A considerable part of these components is removed from the air by precipitation. Thus, the concentration of the nitrogen compounds in precipitation water and their wet deposition are very important terms in nitrogen budget and transport calculations. For this reason in this work our method is extended to the problem of networks monitoring the NO_3^- and NH_4^+ content of precipitation water.

1. Calculations

The basic principles of network planning methods is as follows. The meteorological network situated on a given territory should make the determination of the value of the meteorological element for any point or any part of the territory possible with the required accuracy. In other words, the error of the interpolation for any point or that of the areal averaging for any part of the territory must not exceed a critical value.

In the course of the network planning for the monitoring of nitrogen compounds both the deposition and the concentration in precipitation are taken into account. In our investigation the concentration of trace constituents in precipitation water is considered as a point value, while the deposition is related to an area. Accordingly, the aim is to determine the density of a network producing the point values of the concentration and the areal values of the deposition with a given accuracy.

For these purposes the optimal interpolation and the optimal averaging methods are used, which seem the most suitable to our aim and possibilities. These procedures are fully reviewed in the first part of this series (*Haszpra*, 1980). In that paper it was shown that the average, the standard deviation, the spatial correlation function and the observational random error of the studied element—e.g. the most important parameters of the spatial statistical structure of the meteorological element considered—should be known. For their determination in the case of nitrate and ammonium in precipitation data have been available from 19 stations located in Sweden, Norway and Denmark working from 1961 to 1969. The data were kindly supplied by the Department of Meteorology of the University of Stockholm. In this work the monthly NO_3^- and NH_4^+ concentration and deposition data as well as the annual NO_3^- and NH_4^+ deposition data are used. It should be noted that no significant trend is found in the data which would make the statistical investigation impossible. However, the seasonal variation of these parameters is considerable, therefore the statistical characteristics are determined from season to season separately. (The methods for the determination of the statistical parameters can be found in the first part of our series (*Haszpra*, 1980)).

Knowing the spatial statistical structure of a meteorological element the error of interpolation and averaging can be determined for any station configuration. In the mathematical modelling the precipitation chemistry networks can be considered as the networks of randomly distributed stations. The stations can be situated at any point of the territory with the same probability. Accordingly, the interpolation and averaging error are random-variables with values between a minimum and a maximum. The minimum corresponds to the optimal arrangement of the stations, while the maximum refers to the most unfavourable configuration. Therefore we can study the following problem: how accurate interpolation or averaging can be made *on an average* by assuming a given number of stations located randomly on a given area. Then an important question of the network planning can be answered: how many stations are needed *on an average* for a given area to reach a given accuracy. For the determination of the mean interpolation and averaging error the method reviewed in the previous paper (Haszpra, 1981) is used.

2. Results

In *Fig. 1–6*. the mean interpolation and averaging errors are presented in the form of relative error ($E\%$). In the case of concentration the mean relative interpolation error is plotted as a function of the number of stations and the radius of the area supposed to be circular. The stations taken into account for the interpolation are randomly located on the area. The interpolation is made for the center of the circle.

In the case of deposition the mean relative areal averaging error is shown as a function of the number of stations and the length of the side of the square-form area for which the averaging is performed on the basis of the data measured at the stations situated on it.

These area forms are chosen to simplify the numerical calculations. It must be mentioned that the use of areas of special form does not limit the general validity of the results because, according to Kagan's investigations (Kagan, 1979), the error values obtained for a square are applicable as a good approximation for areas of similar size even if their forms are different.

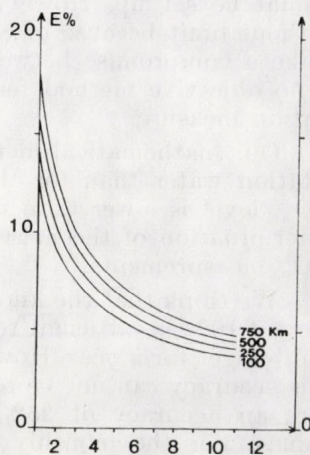


Fig. 1. Mean relative averaging error ($E\%$) of the annual NO_3^- deposition values in the case of randomly distributed stations located in a square as a function of the length of the side and the number of stations (N)

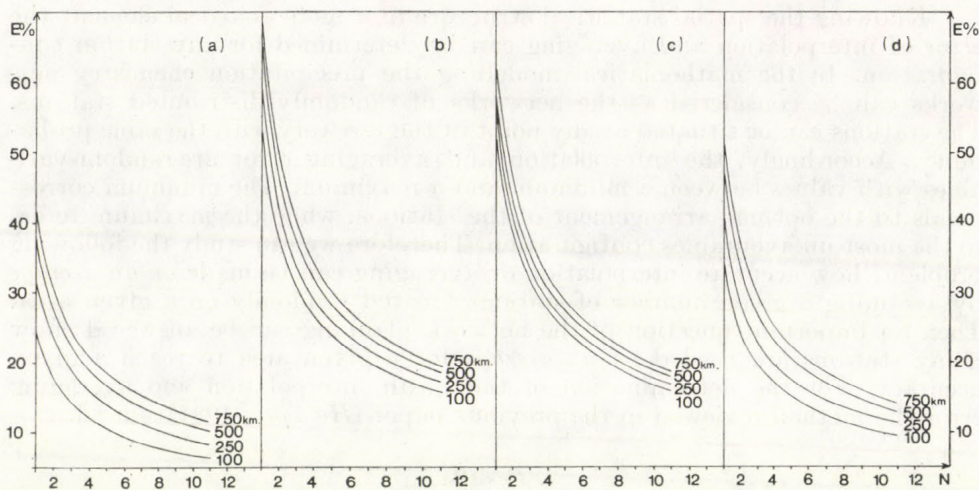


Fig. 2. Mean relative averaging error ($E\%$) of the monthly NO_3^- deposition values in the case of randomly distributed stations located in a square as a function of the length of the side and the number of stations (N). a) spring b) summer c) fall d) winter

From the figures we can directly determine how accurately a certain precipitation chemistry parameter can be interpolated or averaged on the basis of the measurements of the stations situated in a given area. Inversely: for a given accuracy how many stations are necessary for a certain area.

The curves in the figures show that for a given accuracy the required number of stations per unit area (the network density) decreases as the area increases. Therefore, it is advantageous to establish stations in an area as large as possible (the area have to be homogeneously polluted).

From the results presented here the necessary network density can also be determined for any accuracy demand.

Obviously, the more accurate data are needed, the denser network should be set up. However, the number of stations can not be increased without limit because of economical and other reasons. Therefore we try to make a compromise between scientific requirements and possibilities. There is no objective method for this, thus our recommendation is arbitrary in a certain measure.

Our mathematical method is more applicable for NO_3^- content of precipitation water than for the NH_4^+ content because the spatial variation of NO_3^- level is lower than that of NH_4^+ . For this reason in the following the determination of the network density is based on the results related to the NO_3^- measurements.

We think that the knowledge of the annual NO_3^- deposition with an accuracy of 10% is sufficient to calculate the term of NO_3^- deposition in the nitrogen budget for a year. However, in the case of monthly nitrate wet deposition this accuracy can not be reached with a network of realizable density. Therefore an accuracy of 25% is arbitrary chosen for the monthly deposition values. For the monthly NO_3^- concentration an acceptably dense network gives an accuracy of only 30%.

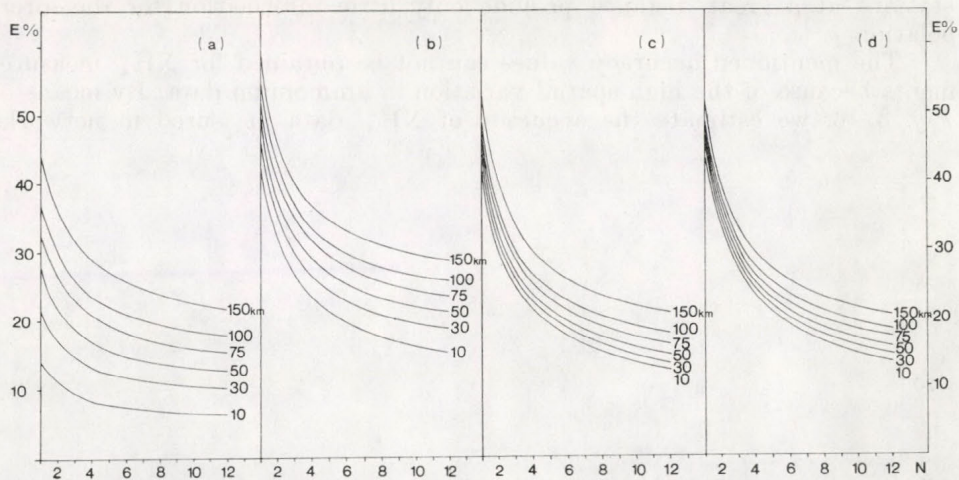


Fig. 3. Mean relative interpolation error (E%) of the monthly NO_3^- concentration values in the case of randomly distributed stations located in a circle as a function of the radius of the circle and the number of stations (N). a) spring b) summer c) fall d) winter

By means of *Fig. 1–6*, the necessary numbers of stations are determined as a function of the area. The results obtained are presented in *Table I*. For

TABLE I.
The necessary number of stations as a function of area

	area (10^3 km^2)	necessary number of stations
annual NO_3^- deposition	≤ 50	2
with an accuracy of 10%	≤ 560	3
monthly NO_3^- deposition	≤ 30	5
with an accuracy of 25%	≤ 240	6
monthly NO_3^- concentration	≤ 15	3
with an accuracy of 30%	≤ 45	4

the monthly deposition the values relate to the summer and fall months because the densest network is needed in these seasons (see *Fig. 2*). For the monthly concentration the values relate to the summer, fall and winter months. In these seasons roughly the same network density is necessary (see *Fig. 3*). In the case of the monthly concentration measurements with an accuracy of 30% the necessary number of stations are determined only for relatively small areas. For larger areas more stations are necessary, of course, but the area per one station does not increase significantly because the

stations at a great distance provide only little information for the interpolation.

The mentioned accuracy values can not be obtained for NH_4^+ measurements because of the high spatial variation in ammonium data. By means of Fig. 4-6. we estimate the accuracy of NH_4^+ data measured in networks

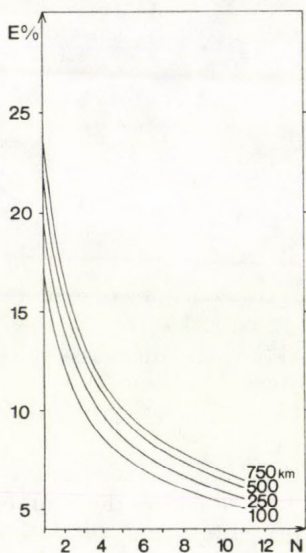


Fig. 4. Mean relative averaging error (E%) of the annual NH_4^+ deposition values in the case of randomly distributed stations located in a square as a function of the length of the side and the number of stations (N)

with the density calculated above for NO_3^- . The error values are tabulated in Table II. In the case of the monthly concentration and deposition measure-

TABLE II.

The accuracy of ammonium and sulfate annual and monthly deposition and monthly concentration measurements in a network monitoring the same parameters for NO_3^- with an accuracy of 10%, 25% and 30%, respectively

	NO_3^-	NH_4^+	SO_4^{2-}
annual deposition	10.0%	13.5%	8.1%
monthly deposition	25%	35%	17%
monthly concentration	30%	40%	29%

ments these values are averages of the error values for spring, fall and winter months. In summer the mean interpolation and averaging error is higher. For the deposition measurements it is about 40%, while for the concentration

measurements — 65–70%. It is probably due to the inhomogeneous spatial distribution of precipitation and of NH_3 sources in summer months.

On the basis of *Fig. 2.*, *4.* and *5.* presented in the previous paper (*Haszpra, 1981*) we determine the accuracy of SO_4^{2-} data measured in networks with the density calculated above for NO_3^- . The error values are presented also in *Table II.* Besides this we estimate how much denser networks are needed for NO_3^- measurements with the accuracy mentioned in this paper

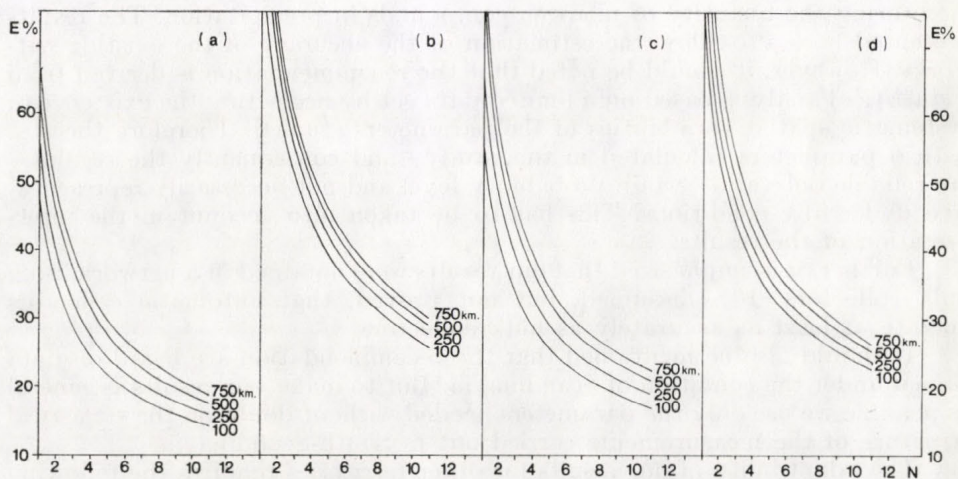


Fig. 5. Mean relative averaging error (E%) of the monthly NH_4^+ deposition values in the case of randomly distributed stations located in a square as a function of the length of the side and the number of stations (N). a) spring b) summer c) fall d) winter

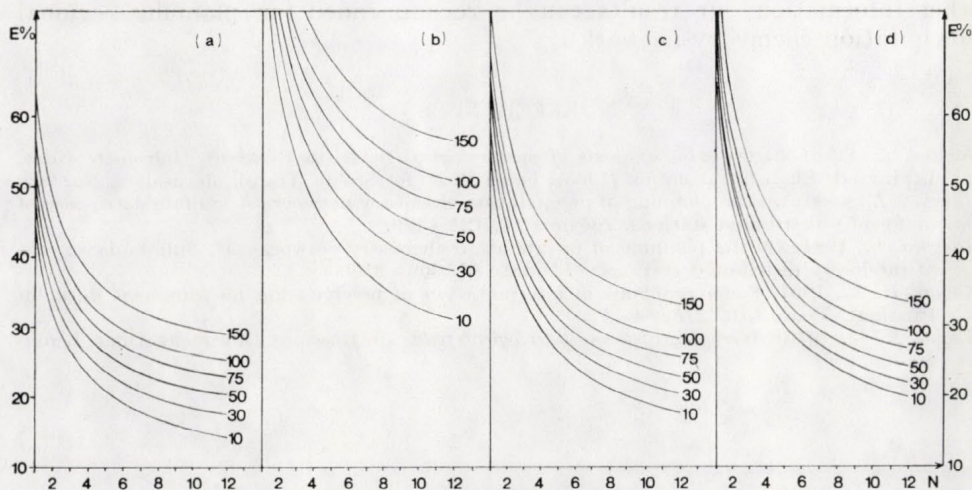


Fig. 6. Mean relative interpolation error (E%) of the monthly NH_4^+ concentration values in the case of randomly distributed stations located in a circle as a function of the radius of the circle and the number of stations (N). a) spring b) summer c) fall d) winter

than for SO_4^{2-} measurements with the same accuracy. It is found that approximately one and half times as many stations are necessary for NO_3^- as for SO_4^{2-} monthly and annual deposition monitoring. In the case of monthly concentration measurements the network density needed is roughly the same.

3. Summary

Our aim has been to make a recommendation for the density of networks monitoring the quantity of nitrogen compounds in precipitation. The results presented here also allow the estimation of the accuracy of the existing networks. However, it should be noted that the recommendation is derived from a statistical analysis based on a limited data set by neglecting the existence of systematic spatial variabilities of the parameters studied. Therefore the statistical parameters calculated in this study—and consequently the results—are reliable only at a certain probability level and not necessarily representative under any conditions. This has to be taken into account in the interpretation of the results.

Further, it is emphasized that our results were obtained in a network using bulk collectors. It is assumed, but not proved, that automatic collectors operate at least as accurately as bulk collectors.

It should also be mentioned that the recommendation are based on data gained under the condition of Scandinavia. But to make our results as general as possible we use only the parameters needed without doubt on the statistical structure of the measurements carried out in South-Scandinavia.

The adaptibility of our results for other territories requires the following conditions: the spatial correlation function, the ratio of the standard deviation to the average value and the observational random error of the studied precipitation chemistry parameter should be the same as in Scandinavia. Unfortunately, our knowledge is very limited whether these parameters are similar in other parts of the world. However, we think that in the absence of other information our results can be recommended for planning regional precipitation chemistry networks.

REFERENCES

- Gandin, L. S.*, 1963: *Objective analysis of meteorological fields* (in Russian). Gidrometeoizdat, Leningrad. English translation (1965): Israel Prog. for Scient. Transl., Jerusalem, No. 242.
- Haszpra, L.*, 1980: On the planning of precipitation chemistry networks I. Sulfate data; case of uniformly distributed stations. *Időjárás* 84, 121–129.
- Haszpra, L.*, 1981: On the planning of precipitation chemistry networks II. Sulfate data; case of randomly distributed stations. *Időjárás* 85, 309–316.
- Kagan, R. L.*, 1967: Some problems of interpretation of precipitation measurement data (in Russian). *Trudy GGO* 278, 64–75.
- Kagan, R. L.*, 1979: *Averaging of the meteorological fields* (in Russian). Gidrometeoizdat, Leningrad.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 87. évf. 2. szám. 1983. március—április
Journal of the Hungarian Meteorological Service. Vol. 87. No. 2 March—Apr 1983. Budapest

Concentration and near surface vertical flux of ammonia in the air in Hungary*

L. HORVÁTH, *Institute for Atmospheric Physics, H—1675 Budapest, P. O. B. 39, Hungary*

Az ammónia koncentrációja és talajközeli vertikális fluxusa a levegőben, Magyarországon. Terepméréseket végeztünk gradiens módszer segítségével az ammónia fluxusának és ülepedési sebességének meghatározása céljából. Az eredmények szerint a fluxus és az ülepedési sebesség függ a légköri ammónia koncentrációtól. Ha a légköri ammónia szint kisebb, mint a talaj fizikai és kémiai állapota által megszabott egyensúlyi érték, emisszió történik, ellenkező esetben ülepedés várható. Az ülepedési sebesség felső határa 1 cm s^{-1} . A számított egyensúlyi koncentráció a vizsgált talaj fölött $1 \mu\text{g m}^{-3}$.

✕

Concentration and near surface vertical flux of ammonia in the air in Hungary. Field measurements were carried out to determine the flux and deposition velocity of ammonia by means of gradient method. The results show that the flux and deposition velocity of ammonia depends on the ambient ammonia concentration. Emission can take place when the atmospheric ammonia level is lower than the equilibrium value determined by the physical and chemical state of the soil. Deposition is expected when the concentration is higher than the equilibrium value. The upper limit of the deposition velocity of ammonia is 1 cm s^{-1} . The calculated equilibrium concentration above soil tested is $1 \mu\text{g m}^{-3}$.

✕

Introduction. The study of the atmospheric budget of nitrogen compounds has recently become the subject of many investigations. However, our knowledge is relatively poor concerning the dry deposition of these compounds. This is particularly true for gaseous ammonia. Only a few field and laboratory measurements were carried out to determine the flux and deposition velocity of these species (e.g. *Hutchinson et al.*, 1972; *Grennfelt*, 1978; *Farquhar et al.*, 1980; *Söderlund*, 1981; *Tjepkema et al.* 1981; *Horváth*, 1982). Further problems are caused by the fact that, in contrast with wet removal, the rate of the dry deposition and deposition velocity also depends on the physical and chemical state of the underlying natural surfaces. In addition, ammonia emissions can also take place from natural surfaces to the air (*Dawson*, 1977; *Georgii and Müller*, 1974). It follows that numerous field measurements are required for the understanding of the dry deposition mechanism. A study of the relationships between the flux or deposition velocity and the different chemical

* Presented at Swedish-Hungarian Seminar on Atmospheric Chemistry. Budapest, 12 October 1982.

and physical parameters of the surfaces and air is also strongly needed. For these reasons an attempt has been made to determine the flux and deposition velocity of ammonia.

1. Experimental

Flux measurements were carried out in the suburb of Budapest in the garden of Institute for Atmospheric Physics, 10 km from the city center above uncultivated soil covered by short grass by means of the gradient method¹⁾. The measuring spot was surrounded by field in all directions within a radius of 50–100 meters. The further surroundings consist of about 50 per cents of forest and 25–25 per cents of field and one-storied houses. The nearest obstruction having a width and height larger than 3 meters is located 50 meters from this point. At 50 cm and 400 cm levels the average wind speed and the concentrations of ammonia were determined. The average sampling time was 6 hours in the daytime. It is to be noted that sampling times are relatively long for micrometeorological measurements. On the other hand probably large changes occur in concentrations during long time scales. But unfortunately shorter sampling time could not be applied because of the relatively high detection limit.

The average volume of the air sampled was 1 to 2 m³, while the detection limit for the average air volume was 0.1 μg m⁻³. A total of 117 ammonia samples were collected from April 1981 to February 1982. Preliminary results for the summer half-year has already been published (Horváth, 1982). For determination of ammonia the method of Ferm (1979) was used. In this method the effect of ammonium particles is eliminated. After sampling the material collected was analysed spectrophotometrically by means of indophenol-blue methods.

2. The ammonia flux

The flux was calculated using the following formula:

$$d = K \frac{c_{400} - c_{50}}{h_{400} - h_{50}}, \quad (1)$$

where d is the flux in ng m⁻² s⁻¹, c_{50} and c_{400} the concentrations in μg m⁻³ at the lower (h_{50}) and the upper (h_{400}) level, respectively, while K is the vertical eddy diffusivity in m²s⁻¹. According to Monin and Obukhov (1954) K can be expressed as a function of the friction velocity u_* :

$$K = k u_* h, \quad (2)$$

where $h = \sqrt{h_1 h_2}$, k is the Kármán's constant. The friction velocity depends on the gradient of the wind speed and temperature. Neglecting the temperature dependence of u_* the friction velocity can be expressed as:

¹ The Editorial Board believes that this technique has some uncertainties. However, this work is published to encourage further research in the field.

$$u_* = k \frac{v_2 - v_1}{\ln h_2/h_1}, \quad (3)$$

where v_2 and v_1 are the average wind speed at h_2 and h_1 level, respectively.

The direction of the flux (d) calculated from equs (1), (2) and (3) depends on the difference between the atmospheric ammonia level and the equilibrium ammonia concentration:

$$d \sim (c - c_{eq.}). \quad (4)$$

The equilibrium concentration of ammonia ($c_{eq.}$) is determined among other things by the pH and ammonium concentration in the soil (Dawson, 1977). If the atmospheric ammonia level is higher than the equilibrium concentration deposition (positive flux) occurs while emission takes place when ammonia concentration is lower than the equilibrium value. To check this theory the flux values were correlated with the measured atmospheric ammonia concentrations. The flux also depends on the $c_{eq.}$ (see: equ. 4) however this value was considered to be a constant. The parameters of regression lines and the correlation coefficients are tabulated in Table I. One can see from the table that the correlations are significant especially between d and c_{400} . This means that the concentrations measured at the upper level are more characteristic for the air while the concentrations at lower level are affected by the deposition or emission processes to a larger extent. This somewhat contradicts to the theory because the correlation should not depend on observation height. But considering the variance of upper and lower concentrations (Table I) one

TABLE I

Statistical parameters of the regression lines $Y = aX + b$. d , v and c are expressed in $\text{ng m}^{-2} \text{s}^{-1}$, cm s^{-1} and $\mu\text{g m}^{-3}$, respectively

Y	X	a	b	r	n	\bar{X}	\bar{Y}	s_X^2	s_Y^2
d	c_{50}	10.5	-3.14	0.48	117	2.06	18.5	1.72	825
d	c_{400}	10.9	-11.3	0.74	117	2.74	18.5	3.81	825
v	$1/c_{50}$	-0.15	0.45	-0.08	117	0.77	0.33	0.35	1.41
v	$1/c_{400}$	-0.93	1.00	-0.72	117	0.72	0.33	0.84	1.41

can see that the c_{50} concentrations are more constant than c_{400} . It means that the flux only slightly depends on the concentrations measured at 50 cm level.

The regression line between the d and c_{400} is:

$$d = 10.9 c_{400} - 11.3 = 10.9 (c_{400} - 1.04), \quad (5)$$

where d and c_{400} are expressed in $\text{ng m}^{-2} \text{s}^{-1}$ and $\mu\text{g m}^{-3}$ units, respectively. In 92 out of 117 cases (80 per cents) deposition was detected. Average deposition value was $18.5 \text{ ng m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ while the average deposition velocity calculated from $v = d/c_{400}$ relationship was 0.33 cm s^{-1} . Taking into account only the cases when the direction of the flux was positive the average deposition velocity was 0.76 cm s^{-1} . From (5) regression line the average equilibrium concentration with the confidence interval at $p = 5\%$ probability level is $c_{eq.} = 1.04 \pm 0.56 \mu\text{g m}^{-3}$. The average concentration measured at 400 cm level was $2.74 \mu\text{g m}^{-3}$ considerable higher than the upper limit of confidence interval. This may be a reason of the fact that most cases deposition occurred.

The deposition velocity of ammonia gas strongly depends on the concentration of ammonia in the air (practically on c_{400}). The deposition velocity are in a good correlation with $1/c_{400}$ (See: *Table I*). At the same time the relationship between the v and $1/c_{50}$ is rather poor. The regression line for v and c_{400} is:

$$v = 1.0 - \frac{0.93}{c_{400}}, \quad (6)$$

where v is the deposition velocity in cm s^{-1} , c_{400} is expressed in $\mu\text{g m}^{-3}$. From equ. (6) which is a modified form of equ. (5) one can notice that even at extremely high ambient concentrations the deposition velocity can not exceed the upper limit of $v_{\text{max.}} = 1 \text{ cm s}^{-1}$. It can also be seen from equ. (6) that in the case of $v=0$ the atmospheric ammonia level must be equal to equilibrium one. This average equilibrium concentration is $c_{\text{eq.}} = 0.93 \mu\text{g m}^{-3}$ which is in a good agreement with $c_{\text{eq.}} = 1.04 \pm 0.56 \mu\text{g m}^{-3}$ calculated from equ. (5). The lower limit of v (when $c_{400} \rightarrow 0$) can not be calculated from equ. (6) since in the case of low ammonia concentration in the air emission is controlled by diffusion processes in the soil (*Dawson, 1977*). On the other hand in this case the negative deposition velocity i.e. the „emission velocity” is not a clarified parameter physically.

To obtain some information on the ammonia flux in the background air over Hungary the average ammonia concentration measured under regional conditions at *K-pusztá* should be compared to the equilibrium value. This background air pollution monitoring station locates 60 km from the Institute for Atmospheric Physics where flux measurements were carried out. For detailed description of the *K-pusztá* station see: *EMEP* (1981). For this background site the average ammonia level determined by the same sampling and analysis procedure mentioned in paragraph (1) for a whole year period between April 1981 and March 1982 is $0.96 \mu\text{g m}^{-3}$ which is between the confidence interval of equilibrium concentration calculated above. It means that considering a yearly average the emission and deposition processes are probably balanced at soil surfaces in Hungary. However, this conclusion presumes that the equilibrium value calculated is characteristic for the whole country. It

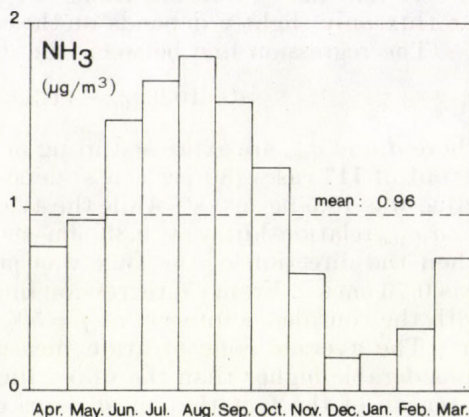


Fig. 1. Annual trend of the atmospheric ammonia concentration in Hungary at regional background station (*K-pusztá*). Monthly concentrations were calculated from daily 24-hours data

should be mentioned that the ammonia level in the atmosphere has an annual variation (*Fig. 1*). The atmospheric ammonia in summer is higher, in winter is lower than the calculated equilibrium value. Due to this fact, deposition will take place in summer in most cases while emission dominates in winter months. This explanation is inconsistent with the annual trend of the ammonia concentration (*Fig. 1*) because higher concentrations are expected when emission process occurs. Contrary to this expectation, *Fig. 1* shows an opposite picture. This contradiction may be explained if we suppose that the soil exhalation does not affect significantly the ammonia concentration in the air compared with the strength of other emission processes (e.g. animal husbandry).

According to *Bónis et al. (1980)* the soil exhalation amounts to 8–22 per cents of the total ammonia emission in Europe. In Hungary this value is between 6 and 13 per cents (*Bónis, 1981*). The animal husbandry is the main ammonia source both in Europe and in Hungary (72–73 per cents of the total emission). This suggests that the higher ammonia level in summer are mainly due to the animal husbandry and not to other emission processes (e.g. soil exhalation). However, this explanation supposes that the rate of the decomposition of animal excrements depends on the temperature. This temperature dependence may be the reason for the high ammonia levels in the summer.

3. Accuracy of the measurements

The average deviation between the concentrations measured at 50 cm and 400 cm level can be calculated from equ. (7):

$$\bar{R} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 100 \left| \frac{c_{i,400} - c_{i,50}}{c_{i,400}} \right|, \quad (7)$$

where \bar{R} is the average deviation in per cents, n is the number of cases. The \bar{R} is caused partly by sampling error (\bar{R}') and partly by the real difference between the concentrations at the two levels (Δc). The error of sampling (and analysis) was determined by the measurements of the concentrations at the same level using two samplers. In this case the average deviation in per cents can be calculated from equ. (8):

$$\bar{R}' = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 100 \left| \frac{c_{i,1} - c_{i,2}}{c_{i,1}} \right|, \quad (8)$$

where $c_{i,1}$ and $c_{i,2}$ are the concentrations measured at the same level. The calculated \bar{R} and \bar{R}' values and their variances (s^2) are tabulated in *Table II*.

TABLE II
Statistical parameters of the test of accuracy of measurements

	Sampling	Test
\bar{R} or \bar{R}'	40%	15%
number of cases (n)	117	10
variance (s^2)	2153	280

One can see from the table that $\bar{R} > \bar{R}'$ and the variance of \bar{R} is considerably higher than that of \bar{R}' . It suggests that the differences between the concentrations measured at upper and lower levels are significant. The ratio of the variances of \bar{R} and \bar{R}' (Fisher-test) is 7.7. This means that the difference is significant at $p=0.1\%$ level.

4. Conclusion

The direction and magnitude of the ammonia flux above soil depend on the difference between the concentration in the air and the equilibrium concentration determined by the physical and chemical state of the soil. In the case of the soil examined in this work this equilibrium concentration is considered to be constant: $c_{\text{eq.}} = 1.04 \pm 0.56 \mu\text{g m}^{-3}$. This $c_{\text{eq.}}$ is very similar to the compensation point determined by Farquhar et al. (1980) ($= 1 \mu\text{g m}^{-3}$) at which the leaves of plants neither gain nor lose ammonia.

In Hungary under regional condition the atmospheric ammonia level in winter is below and in summer is above the limit of confidence interval of calculated equilibrium value. This means that deposition is expected in summer and emission is expected in winter i.e. the soil may be a buffering system, that modifies the atmospheric ammonia level to a certain extent. The annual trend of ammonia concentration in the air is probably affected by other emission processes (e.g. animal husbandry).

The deposition velocity of ammonia gas also depends on the atmospheric ammonia concentration. It has a negative value when the ambient ammonia level lower than the equilibrium concentration. The upper limit of the measured deposition velocity was 1 cm s^{-1} . Farquhar et al. (1980) and Hutchinson et al. (1972) suggests the $v = 1 \text{ cm s}^{-1}$ for deposition velocity but it seems too high for average conditions since it is comparable to the measured upper limit.

REFERENCES

- Bónis, K., Mészáros, E. and Putsay, M., 1980: On the atmospheric budget of nitrogen compounds over Europe. *Időjárás* 84, 57–68.
- Bónis, K., 1981: A nitrogénvegyületek légköri mérlege Magyarország fölött. *Időjárás* 85, 149–156.
- Dawson, G. A., 1977: Atmospheric ammonia from undisturbed land. *J. of Geophys. Res.* 82, 2125–2133.
- EMEP, 1981: EMEP sampling stations site descriptions. EMEP/CCC-Report 1/81.
- Farquhar, G. D., Firth, P. M., Wetselaar, R. and Weir, B., 1980: *Plant Physiol.* 66, 710–714.
- Ferm, M., 1979: Method for determination of atmospheric ammonia. *Atmos. Environ.* 13, 1385–1393.
- Georgii, H.-W. and Müller, W. J., 1974: On the distribution of ammonia in the middle and lower troposphere. *Tellus* 24, 180–184.
- Grennfelt, P., 1978: Nitrogen in the Gothenburg area. Report B 418 Gothenburg, Sweden: Swedish Water and Air Pollution Research Institute. (In Swedish).
- Horváth, L., 1982: On the vertical flux of gaseous ammonia above water and soil surfaces. *Deposition of Atmospheric Pollutants*. D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, Holland.
- Hutchinson, G. L., Millington, R. J. and Peters, D. B., 1972: Atmospheric ammonia: absorption by plant leaves. *Science* 175, 771–772.
- Monin, A. S. and Obukhov, A. M., 1954: The principles of turbulent exchange processes in the atmosphere near the Earth's surface (in Russian), *Trudi Geophys.* 24, 151.
- Söderlund, R. 1981: Dry and wet deposition of nitrogen compounds. *Ecological Bulletines* 33, 123–130.
- Tjepkema, J. D., Cartica, R. J. and Hemond, H. F., 1981: Atmospheric concentration of ammonia in Massachusetts and deposition on vegetation. *Nature* 294, 445–446.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 87. évf. 2. szám. 1983. március – április
Journal of the Hungarian Meteorological Service. Vol. 87. No. 2. March – Apr 1983. Budapest

A numerical analysis of the effects of atmospheric conditions on the transport of air pollutants

M. ŠAMAJ, *Faculty of Mathematics and Physics, Comenius University, Bratislava, ČSSR*

Numerikus modellkísérletek szennyező anyagok légköri terjedésének vizsgálatára. A dolgozatban a Lax – Wendroff és a Crank – Nicolson sémák felhasználásával egy határérték feladat numerikus megoldását ismertetjük, amely leírja pontforrás által kibocsátott légszennyező anyagok advekción, diffúzióját és ülepedését vertikális hőmérsékleti rétegződésű légkör esetén. A bemutatott numerikus modellkísérletek azt a célt szolgálják, hogy megvizsgáljuk a vertikális turbulencia intenzitását, az effektív kéménymagasság és az ülepedési sebesség lehetséges hatását a maximális felszíni koncentrációra. Az eredmények azt mutatják, hogy a rövid átlagolási idejű maximális felszíni koncentráció előrejelzésénél a turbulens diffúziós együttható, az effektív kéménymagasság és a száraz ülepedés becslésében elkövetett pontatlanságok sokkal nagyobb hibákat okoznak, mint a numerikus módszer.

✱

A numerical analysis of the effects of atmospheric conditions on the transport of air pollutants. In the present paper the Lax – Wendroff and Crank – Nicolson schemes are used to solve numerically a boundary value problem describing the advection, diffusion and deposition of air pollutants released by an elevated point source in the case of vertically stratified atmosphere. The aim of the numerical experiments presented is to point out the possible effect of vertical turbulence intensity, plume rise and dry deposition on maximum ground-level concentration. Results have shown that predicting short-time maximum ground-level concentration in real cases inaccuracies in estimating eddy diffusivities, effective source height and dry deposition velocity cause much larger errors than the numerical methods.

✱

Introduction. Simulation of advection and diffusion of pollutants in the atmosphere is required by both planning and working out of control strategies. The Gaussian-plume model and K-model are at present the two main types of models commonly used for predicting transport and dispersion of pollutants released by point sources.

The Gaussian models have been successfully used for prediction of a long-time average concentration. However applying these models it is necessary to assume vertically and horizontally homogeneous atmosphere, constant mixing-layer height and a non-reactive pollutant.

In cases when it is important to know the dynamics of the process, or when analysing the effect of input parameters (eddy diffusivities, wind velocity and wind direction, mixing height, effective source height, emission rate, settling and deposition velocity, rate of chemical transformation) on air pollution, satisfactory results can be achieved by numerical solutions of a three-dimensional, time dependent, turbulent diffusion equation, which is capable solving the problem of advection and diffusion of chemically reactive

pollutants interacting with the earth's surface in a time-varying, vertically stratified atmospheric boundary layer.

In the recent years a lot of numerical methods have been published solving the turbulent diffusion equation (Neuman, 1981). Most of them can be classified into two major categories: Eulerian or Lagrangian. Lagrangian methods which solve the turbulent diffusion equation by using either a deformed grid, or a fixed grid in deformed coordinates, are generally more adequate for advection-dominated problems than Eulerian methods based on a fixed grid. On the other hand, the use of a fixed grid in Eulerian coordinates is advantageous when complex problems involving spatially varying parameters and multiple sources are studied.

The combination of the Lax-Wendroff and Crank-Nicolson schemes (Runca et al, 1981) represents a suitable Eulerian numerical method for solving the classical problem describing advection and diffusion of pollutants from an elevated point source, when the transport processes in the atmosphere are vertically limited by an inversion layer. The greatest advantages of this method are, that it can be easily adapted to this difficult problem, and furthermore the mean numerical error due to this method, when choosing the suitable grid, is smaller than 20%.

In the following part of this paper the influence of some input parameters on maximum ground level concentration is analysed using the Lax-Wendroff and Crank-Nicolson schemes.

1. The mathematical model

The mathematical model of the problem considered is based on the three-dimensional, time dependent K -equation:

$$\begin{aligned} & \frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + v \frac{\partial C}{\partial y} + (w - V_s) \frac{\partial C}{\partial z} = \\ & = \frac{\partial}{\partial x} K_x \frac{\partial C}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} K_y \frac{\partial C}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} K_z \frac{\partial C}{\partial z} - kC + S \end{aligned} \quad (1)$$

where $C(x, y, z, t)$ is the mean concentration of a pollutant; $u(x, y, z, t)$, $v(x, y, z, t)$, $w(x, y, z, t)$ are the wind velocity components; $K_x(x, y, z, t)$, $K_y(x, y, z, t)$, $K_z(x, y, z, t)$ are the components of the eddy diffusivity; $k(t)$ is the function expressing the change of a pollutant's concentration due to chemical reactions; $S(x, y, z, t)$ is the emission rate of a point source as a function of space and time; V_s is the settling velocity.

Taking the X-axis along the wind velocity vector which direction is constant with height (assumed to have components only in the horizontal plane), neglecting diffusion in X-direction, and assuming that in the horizontally homogeneous atmosphere the crosswind distribution of a plume can be characterized by the lateral dispersion coefficient σ_y , then the equation (1) for a gaseous pollutant can be rewritten into the following form:

$$\begin{aligned} & \frac{\partial \bar{C}(x, z, t)}{\partial t} + u(z, t) \frac{\partial \bar{C}(x, z, t)}{\partial x} = \\ & = \frac{\partial}{\partial z} K_z(z, t) \frac{\partial \bar{C}(x, z, t)}{\partial z} - k(t) \bar{C}(x, z, t) + S \end{aligned} \quad (2)$$

$$C(x, y, z, t) = \bar{C}(x, z, t) \frac{1}{\sqrt{2t} \sigma_y} \exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right) \quad (3)$$

If we take that H to be the height of the mixing layer, and the deposition of a pollutant on a plane surface is described by the deposition velocity V_d then the boundary conditions for (2) can be stated as follows:

$$K_z \frac{\partial \bar{C}}{\partial z} \Big|_{z=H} = 0 \quad K_z \frac{\partial \bar{C}}{\partial z} \Big|_{z=0} = V_d \bar{C} \quad (4)$$

Formulating the initial condition, the region is considered to be unpolluted at time $t=0$:

$$\bar{C}(x, z, 0) = 0 \quad (5)$$

2. Finite difference scheme

The finite difference scheme is based on the method of fractional steps. According to this procedure, (2) is split into the following sequences of one-dimensional equations:

$$\frac{\partial \bar{C}}{\partial t} = S \quad (6a)$$

$$\frac{\partial \bar{C}}{\partial t} = u \frac{\partial \bar{C}}{\partial x} \quad (6b)$$

$$\frac{\partial \bar{C}}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} K_z \frac{\partial \bar{C}}{\partial z} \quad (6c)$$

$$\frac{\partial \bar{C}}{\partial t} = -k \bar{C} \quad (6d)$$

At each time step, the equations (6a–6d) are solved sequentially. As the initial value of concentration that one is taken which was obtained by solving the previous equation. Each of the above equations is numerically integrated during the time step Δt . The concentration field obtained after having integrated eq. (6d) is the numerical solution of the boundary value problem (2)–(5) for the time step considered and provides the initial condition for (6a) for the next time step.

The numerical approximation of (6a) is obtained, as usual, by adding a contribution at each time step according to the source location.

When defining C^* as the value of the concentration field if no diffusion occurs and adopting the Lax-Wendroff scheme for approximation of the ad-

vection term, (6b) can be rewritten for each internal grid point (*Fig. 1*) in the following form:

$$C_{i,k}^{*n} = \bar{C}_{i,k}^n - \frac{\alpha_k}{2} (\bar{C}_{i+1,k}^n - \bar{C}_{i-1,k}^n) + \frac{\alpha_k^2}{2} (\bar{C}_{i+1,k}^n - 2\bar{C}_{i,k}^n + \bar{C}_{i-1,k}^n) \quad (7b)$$

where $\alpha_k = \frac{uk\Delta t}{\Delta x}$.

Likewise, using the Crank–Nicolson scheme for the approximation of the diffusion term, (6c) can be expressed as follows:

$$\bar{C}_{i,k}^{n+1} = C_{i,k}^{*n} + \frac{1}{2}\beta_k [(C_{i,k+1}^{*n} - 2C_{i,k}^{*n} + C_{i,k-1}^{*n}) + (\bar{C}_{i,k+1}^{n+1} - 2\bar{C}_{i,k}^{n+1} + \bar{C}_{i,k-1}^{n+1})] \quad (7c)$$

where $\beta_k = \frac{K_k\Delta t}{\Delta z^2}$.

The value of concentration at lower and upper boundaries (at the surface and the base of the inversion layer) can be computed after replacing (4) by the expressions of the adequate differences. The concentration at the downwind and upwind lateral boundaries is considered to be equal to zero during the computation.

The stability condition required by the scheme (7b)–(7c) stems only from the use of Lax–Wendroff’s scheme since the Crank–Nicolson’s scheme is unconditionally stable. This condition is the Courant condition:

$$\frac{u\Delta t}{\Delta x} < 1$$

In order to avoid negative amplification factors of high-order Fourier components carrying out the accurate numerical solution, the following condition has uncondalso to be fulfilled:

$$\frac{K\Delta t}{\Delta z^2} \leq \frac{1}{2}$$

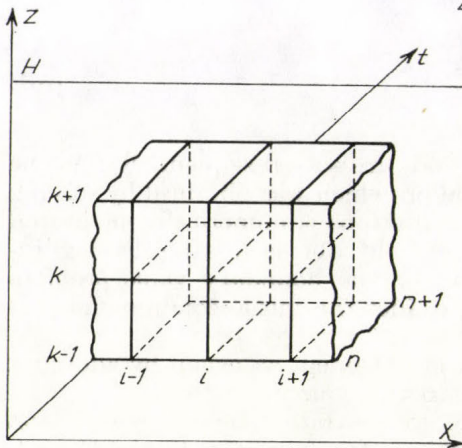


Fig. 1: Geometric description of the finite difference scheme

3. Numerical experiments

The magnitude and location of the maximum ground-level concentration are the most important characteristics of air pollution to be predicted. The aim of the numerical experiments is to study the sensitivity of short-time predictions, i.e. how these two characteristics change as the function of atmospheric vertical turbulence intensity (calculations were made for two-dimensional case neglecting the lateral dispersion), dry deposition and effective source height h_e .

Figure 2 shows the connection between the magnitude of the maximum ground-level concentration \bar{C}_M and its distance from the source X_M for an unstable class A [$z \leq 100$ m, $K = 0.210 Z^{1.44}$; $z > 100$ m, $K = K(100) = \text{const.}$] and a stable case-class F [$z \leq 100$ m, $K = 0.157 Z^{0.491}$; $z > 100$ m, $K = K(100) = \text{const.}$, (Draxler, 1979)] as a function of the effective source height for two values of the deposition velocity: $v_d = 0.01 \text{ ms}^{-1}$ and $v_d = 0.1 \text{ ms}^{-1}$. During the calculations it was assumed that the wind profile was given by $u = 2z(100)^{0.2} \text{ms}^{-1}$ and the emission rate ($S = 1 \text{ kg m}^{-2}\text{s}^{-1}$) was constant during the simulated time (3 hours). The mixing height was set equal to 500m in a stable case ($\Delta z = 25\text{m}$; $\Delta t = 120\text{s}$; $\Delta x = 1000\text{m}$), and 1000 m in the unstable case ($\Delta z = 100\text{m}$; $\Delta t = 30\text{s}$; $\Delta x = 250\text{m}$).

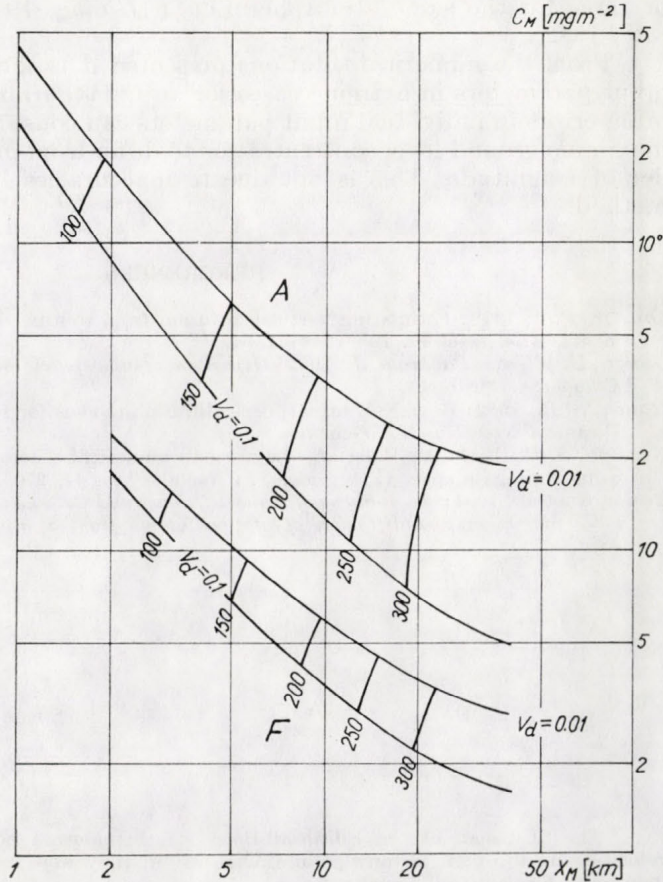


Fig. 2: Connection between the magnitude of maximum ground-level concentration \bar{C}_M and its distance from the source X_M for an unstable case (class A), and a stable case (class F) as a function of the effective source height for two boundary values of the deposition velocity $V_d = 0.01$ and $V_d = 0.1 \text{ ms}^{-1}$.

Figure 2 clearly demonstrates that the value \bar{C}_M can vary up to one order of magnitude in that case if the strength of vertical turbulence mixing changes. The other fact, which is obvious from Figure 2 is that if the effective stack height decreases by a factor of three from 300m to 100m, the value \bar{C}_M increases eight times in the unstable case, and fourfold in the stable case, respectively, and its distance from the source shortens appreciably. The effect of dry deposition on \bar{C}_M grows with increasing lability and with increasing h_e . As it can be seen in Figure 2, in unstable case for $h_e=300\text{m}$ the value \bar{C}_M reduces to one third due to a change in V_d from 0.01ms^{-1} to 0.1ms^{-1} , and the corresponding X_M is slightly shortened*.

4. Conclusion

In real cases such processes as turbulence, plume rise, and dry deposition are very complicated and practical estimates of parameter values which characterise these processes are not universally accepted. The values of eddy diffusivity, effective source height, and deposition velocity computed by the sub-models routinely used in different countries may differ by factors of two or three for the same atmospheric data (Hanna, 1982; Georgii and Pankrath, 1982).

From the numerical solutions presented it is shown that inaccuracies in input parameters in extreme cases for an unfavourable combination of maximum errors in individual input parameters can cause the predicted short-time maximum ground-level concentration to differ from measured values by an order of magnitude. This is not due to inaccuracies in the chosen numerical method.

REFERENCES

- Draexler, P. R., 1979: Estimating vertical diffusion from routine meteorological tower measurements. *Atm. Environ.* 13 1559–1564.
- Georgii, H. W., and Pankrath, J., 1982: *Deposition of atmospheric pollutants*. D. Reidel Publishing Company, Dordrecht.
- Hanna, S. R., 1982: Review of atmospheric diffusion models for regulatory applications, *WMO Technical Note No. 177*, Geneva.
- Neuman, S. P., 1981: An Eulerian–Lagrangian numerical scheme for the dispersion equation using conjugate space-time grids. *J. Comput. Phys.* 41, 270–294.
- Runca, E. et al., 1981: *An analysis of finite difference and Galerkin techniques applied to the simulation advection and diffusion of air pollutants from a line source*. IIASA, Laxenburg, Austria.

* The Chairman of the Editorial Board of this journal believes that these deposition velocities are too high for any pollutant. However, they were accepted since the author uses them only for sensitivity analysis.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 87. évf. 2. szám. 1983. március—április
Journal of the Hungarian Meteorological Service. Vol. 87. No 2. March—Apr 1983. Budapest

A csapadék trícium-koncentrációja Magyarországon

KURCZNÉ CSIKY ILDIKÓ, Országos „FJC” Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézet, 1755 Budapest Pentz Károly u. 5., SZILÁGYI MÁRIA MTA Izotóp Intézet, Budapest XII., Konkoly-Thege u. 29.

The tritium concentration of precipitation in Hungary (1977–1981). The tritium content of precipitation water collected monthly in the vicinity of Budapest, Győr, Pécs, Baja and Debrecen is regularly measured from 1977. The analyses are made, after concentrating the samples, by using a liquid scintillation technique. It is found that the tritium concentration variation of samples collected in Hungary is similar to that observed in nearby countries. The tritium deposition in the same geographical areas is proportional to the precipitation amount. Between 1977 and 1980 the annual mean concentrations have decreased, while in 1981 slightly higher values were measured than in 1980. The average concentration determined on the basis of five years data gives a background value characteristic for the period before the operation of the nuclear power plant in Paks.

✱

A csapadék trícium-koncentrációja Magyarországon. 1977-től havi rendszerességgel mérjük Budapest, Győr, Pécs, Baja és Debrecen térségében gyűjtött csapadék ^3H koncentrációját. A meghatározások elektrolitikus dúsítás után folyadékszcintillációs mérés technikával történtek. Magyarország különböző pontjain mért, valamint a szomszédos országok területén gyűjtött minták trícium-koncentrációja és a koncentráció-változás lefutása nagyon hasonló. Az azonos földrajzi helyzetű területek trícium terhelése a csapadék mennyiségével arányos. 1977–1980-ig az évi maximális koncentráció értékek fokozatos csökkenést mutattak. 1981-ben valamennyi mintavevő helyen magasabbak voltak az évi átlagos koncentráció értékek, mint a korábbi években. Az 5 év mérési adatai a paksi atomerőmű beindulása előtti évek normál háttérszintjét reprezentálják és felhasználhatók lesznek az erőmű működése utáni években mért adatok értékeléséhez.

✱

Bevezetés. Környezetünkben a szerves és szervetlen kötésű hidrogén egy részét – izotópcseré és hidrolízis folyamatok következtében – trícium atomok helyettesítik (McFarlane et al., 1976; 1979). A hidrológiai rendszerekben ezek a folyamatok HTO molekulák megjelenését eredményezik. A természetben előbb-utóbb kialakul a könnyű és nehéz hidrogén izotópok jellemző aránya. Ez olyan dinamikus egyensúly, amelyet számos földfelszíni és légköri tényező mellett döntően befolyásolnak a csapadékképződési és párolgási viszonyok.

Az emberi nukleáris tevékenység a természetes egyensúlyi koncentrációk megváltozásához vezet a víztranszport közvetítésével. A Föld trícium készletét döntően a nukleáris robbantások hozták létre. Az első légköri robbantás utáni időszakban egyre több közlemény jelent meg az irodalomban, amely a légkör tríciumlódásának kérdésével, a mesterséges eredetű trícium hidrológiai jelentőségével, a koncentráció változások tendenciájával és a környezeti koncentrációk mérési módszereivel foglalkozik (Jacobs, 1968; Eriksson, 1965; Schell et al., 1973; IAEA, 1961, 1968, 1979; Brown, 1970). A földi globális készlet a becslé-

sek szerint 200–800 kg trícium. Ebből kb. 45 kg a kontinensek felszíni vizeiben található, a többi a sztratoszférában van, illetve az óceánokban tárolódik.

Az Atomcsend Egyezmény életbelépése óta (1963) csökkent a „bomba-trícium” részaránya a földi készletben, de éppen ez idő óta növekszik rohamosan az elektromos energia nukleáris forrásból történő fedezése. Ez a tevékenység melléktermékként növekvő mennyiségű tríciumot juttat a légkörbe. A trícium mennyiségét csökkentő és növelő hatások kiegyenlítődése (NCRP, 1979) az ezredfordulóra várható.

Mivel a kontinensek vízkészlete párolgás és a csapadék közvetítésével a Föld trícium tárolóival (óceánok, sztratoszféra) kapcsolatban van, a trícium készletben akár háborús, akár békés úton eszközölt növekedés mind a csapadékban, mind a felszíni vizekben tükröződni fog (Michel 1976). Ezért a csapadék vizsgálata a földi koncentráció szintek alakulása szempontjából, igen fontos. Az ország területén eddig nem volt rendszeres, környezeti trícium megfigyelés. A jövőben a csapadék trícium-koncentráció változásának nyomon követését a paksi atomerőmű indításával összefüggő szempontok miatt is indokoltnak tartjuk. Igaz, hogy az erőmű normálüzemű trícium kibocsátása kicsi, de hosszú időre tervezett üzeme miatt nem mellőzhető egy fontos bioelem (hidrogén) globális szennyező izotópjának megfigyelése.

Mintavétel és mérési módszer

A csapadék trícium mérését 1977 júniusától Budapesten kezdtük el. A csapadékgyűjtést 1978-tól további négy mintavételi helyen – Győr, Pécs, Debrecen és Baja – szerveztük meg. A mintavételi helyek az ország főbb tájegységeit képviselik (lásd: 1. ábra).

A minták szakszerű kezeléséről Budapesten az OSSKI Radiohidrológiai Laboratóriuma, Győrben, Pécsen, Debrecenben a KÖJÁL, Baján a Vízügyi Igazgatóság Sugáregészségügyi Laboratóriumai gondoskodtak. Eleinte 2 hetes átlagmintákat gyűjtöttünk 30 cm átmérőjű tölséren keresztül szűknyakú folyadéküvegben felfogva a mintát, amely a leesett csapadékmennyiség szerinti átlagot reprezentálta. Az 1978-as év tapasztalatai szerint a havi minták megfelelőbbek lesznek, Ezért 1979-től az egyes gyűjtőhelyeken havi átlagmintákat vettünk. Tekintettel arra, hogy az esővíz oldott, illetve lebegő inaktív anyagokat, valamint a *falluot*ból származó radioaktív anyagokat tartalmaz, első lépésként ezektől kell megtisztítani. Ezt ioncserélő gyantaoszlopon végeztük. A 7–8 mm átmérőjű, 15 cm hosszú, kevertágyas oszlopot alul-felül üvegyapot dugó zárta le, mely a rögzítésen kívül a mechanikai szennyezőktől való tisztítást is megoldotta. Az ioncserélt esővíz 250 ml-ében elektrolitikus módszerrel koncentráltuk a tríciumot. A jelenlegi környezeti trícium-koncentrációk így kb. 15-szörös dúsítás után folyadékszcintillációs módszerrel jól mérhetőek.



1. ábra: Hazai mintavételi helyek és néhány külföldi referenciaközpont földrajzi elhelyezkedése

Insta-gel szcintillátor koktélt (11 ml) kevertünk a vízmintával (9 ml) és egy minta méréséhez 3–5×100 percet vettünk igénybe speciális alacsony-háttérű Berthold BF 800 típusú mérőberendezésben. Háttérként a Boconád községből származó mélységi vízmintát használtuk, illetve standardként megfelelő aktivitású HTO standardot, amelyeket az előzőekben említett arányban kevertünk a koktéltba.

A módszer hibáját az elektrolitikus dúsítás hibája és a folyadékszcin- tillációs mérés hibája együttesen határozza meg. Az egyszeres standard deviá- ció értéke a különböző koncentrációknál a következő:

Konc. (TU):	0–10	10–30	30–70	70–140	140–230	> 230
lδ (TU) %:	3	4	5	6	7	3

A környezeti minták trícium-koncentrációját általában a gyakorlati egységül választott TU-ban (Tritium Unit) adják meg. 1 TU = 0,12 Bq/l. A későbbiek- ben hivatkozott külföldi mérések is a fent említett módszerrel történtek és az interkalibrációs összehasonlítás (Dybczynski et al., 1979) szerint a mi mérés- seinkkel azonos pontosságot biztosítanak.

A mérések eredményei

Az irodalomban eddig a hazai csapadék trícium-koncentrációjára vonat- kozó adatokat nem találtunk. Ezért környezetradiológiai vizsgálati eredmé- nyek vonatkozó adatait közöljük.

Az I. táblázatban összefoglaltuk a különböző mintavételi helyekre jellemző éves átlagértékeket. A minimum és a maximum értékeket zárójelben adtuk meg. A külföldi adatok az irodalomból (IAEA, 1980) származnak. Valamennyi mintavételi hely adatának évenkénti együttes értékelése (2. ábra) azt mutat- ja, hogy az évi koncentráció átlagértéke évről-évre csökken. Kivétel az 1981-es év, amikor az 1980-as értékekhez viszonyítva növekedést észleltünk.

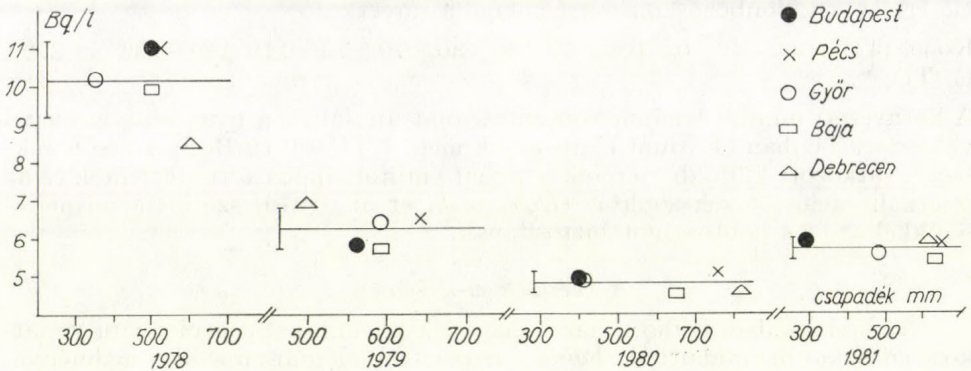
I. TÁBLÁZAT

A csapadék trícium-koncentrációja (Bq/l)

	Budapest	Pécs	Győr	Baja	Debrecen	Bécs	Krakkó	Zágráb
1977	13,3 (5,3– 28,0)	–	–	–	–	10,3 (4,1– 17,9)	10,1 (5,2– 17,6)	9,5 (2,3– 20,9)
1978	11,0 (3,5– 21,0)	11,0 (2,6– 20,5)	10,2 (3,7– 20,4)	9,9 (2,8– 20,0)	8,5 (2,0– 13,5)	10,1 (4,7– 18,6)	11,2 (3,2– 29,5)	8,8 (3,7– 14,5)
1979	5,8 (3,2– 10,0)	6,5 (4,2– 11,2)	6,4 (3,7– 9,7)	5,7 (3,0– 9,7)	6,9 (3,5– 10,6)	6,4 (4,2– 9,1)	6,7 (3,1– 12,0)	–
1980	4,9 (2,5– 8,2)	5,1 (2,6– 10,2)	4,8 (2,8– 7,2)	4,5 (3,1– 6,6)	4,6 (2,2– 7,9)	–	–	–
1981	5,8 (2,0– 9,7)	5,8 (1,0– 9,9)	5,5 (1,0– 10,7)	5,4 (2,0– 9,1)	5,9 (3,0– 9,1)	–	–	–

A különböző mintavételi helyekre lehullott csapadék trícium-koncentrációjának változását grafikusán szemlélteti a 3. ábra.

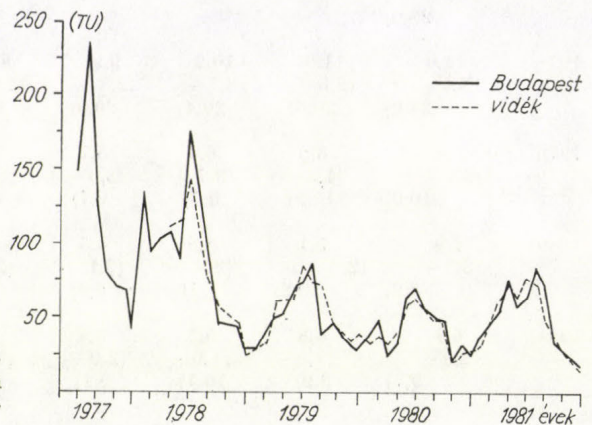
Folytonos vonallal jelöltük a budapesti mintavevő helyre jellemző értéket, szaggatott vonallal pedig a többi négy mintavételi hely eredményeiből képezett átlagos koncentrációkat. Az azonos időpontban különböző helyeken vett minták eredményeinek egyszeres szórása 5% alatt van. A kis szórás a két görbe szembetűnően azonos lefutása azonos tendenciák jelentkezésére mutat.



2. ábra: A csapadék hazai trícium-koncentrációjának évi átlagértékei (Bq/l) és a lehullott csapadék mennyisége a különböző mintavételi helyeken

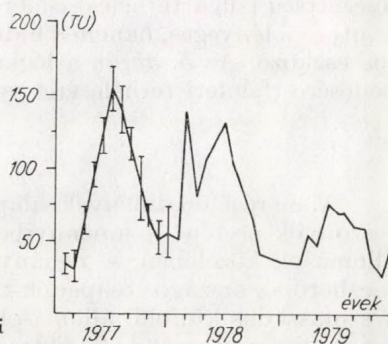
Ezért indokolt lehetne az összes mintavételi hely adatának átlagolásával ún. országos átlagot képezni. Ismert tény azonban hogy Magyarországon a tríciumot gyártó, ill. felhasználó intézmények nagy része Budapesten van, így előre nem látható események miatt itt nagyobb lehet a környezet trícium szennyeződésének lehetősége, mint más vidékeken. Az országos átlag-koncentrációtól való eltérés ilyen lehetőségének figyelembevétele miatt a továbbiakban is indokoltnak tartjuk a budapesti eredmények külön értékelését. Hasonló megfontolások alapján külön kell értékelni majd a Pakson és környékén begyűjtött csapadék trícium-koncentrációját az atomerőmű indulása után.

Az irodalomból ismeretes, hogy a trícium-koncentráció az évi csapadékból periodikusan változik (Weiss, 1978). Az északi féltéken általában júniustól augusztusig észlelhető a maximum. Évenként több kimagasló érték jelentkező-



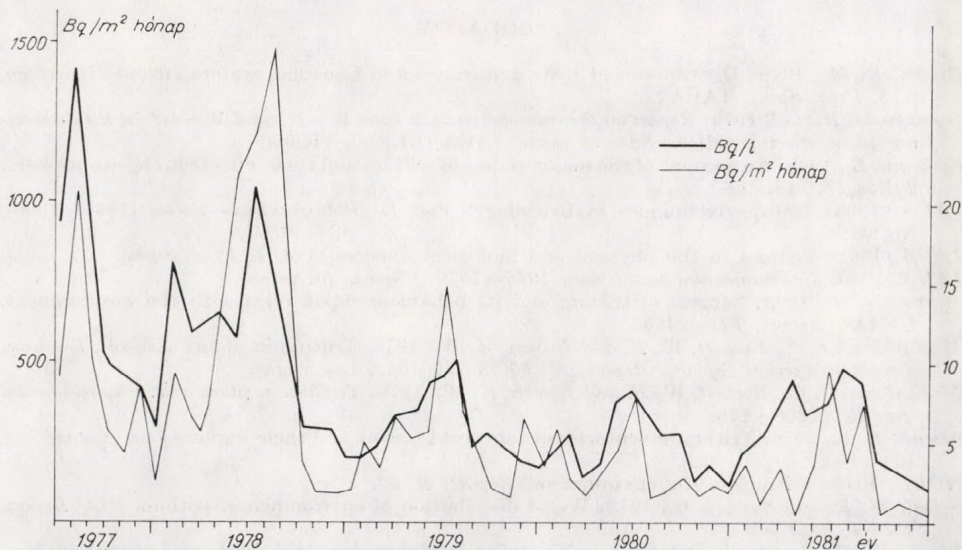
3. ábra: A trícium-koncentráció változása a budapesti mintavételi helyen és néhány vidéki városban, havi átlagminták mérése alapján

se léggöri nukleáris robbantásra utal. Ilyen jelenséget észleltünk az általunk vizsgált időszakban 1978-ban. 1978 első negyedében még csak a budapesti mintavételi hely működött, ezért felmerülhet, a kérdés, hogy az év elején észlelt maximum esetleg mérési hiba, vagy lokális szennyeződés következménye. Ennek eldöntésére irodalmi adatok alapján (IAEA, 1980) megszerkesztettük a Magyarország határaihoz közeli külföldi mérőállomásokon gyűjtött csapadék trícium-mérési eredményeiből a 4. ábrát. Amely a Krakkó, Bécs,



4. ábra: A trícium-koncentráció változása a külföldi mintavételi helyeken, havi átlagminták mérése alapján

Zágráb mérőállomások adataiból kialakított átlagos koncentrációt szemlélteti. Összehasonlítva a 3. és 4. ábrát, megállapítható, hogy a néhány éves vizsgálati időszakban a külföldi és magyar mérőállomásokon hasonló események következtek be. Így az 1. ábrán szaggatott vonallal jelzett területen belül – amelynek Budapest kb. a középpontjában van –, azonos tendenciák létezését tételezhetjük fel. Megjegyezzük, hogy sajtóinformáció szerint 1977 szeptemberében Kína nukleáris robbantást hajtott végre. Valószínűleg ennek a hatása volt észlelhető a mérőállomásokon 1978-ban.



5. ábra: A Budapesten gyűjtött csapadék trícium-koncentrációja (Bq/l) és a talajfelszín trícium-terhelése (Bq/m² hónap)

Az esőzéssel szállított radioaktivitásból származó külső sugárzás és inkorporáció miatt a Föld felszínén élő biológiai objektumok sugárterhelésnek vannak kitéve. A trícium mint HTO molekula jut a földfelszínre és a többi radionukliddal ellentétben a továbbiakban is azonosan viselkedik a könnyűvíz molekulával. Egy része rögtön elpárolog, más része beszívárog a talajba és ismét más része biztosítja a felszíni talajnedvességet. A felületi sugárterhelés kialakulásában egy adott talaj és növényzet esetében ezek az összetevők lényegesen eltérhetnek egymástól arányaik tekintetében. A földfelszíni szennyezettség (sugárterhelés) ismerete és dinamikája nemcsak az élőlények szempontjából lényeges, hanem a hidrológiai és hidrogeológiai vizsgálatoknak is fontos eszköze. Az 5. ábrán a légköri csapadék trícium-koncentrációjára és ülepedésére (felületi terhelésére) vonatkozó adatainkat hasonlítjuk össze.

Következtetések

A mérési eredmények alapján feltételezhetjük, hogy azonos geográfiai viszonyok esetén – amennyiben lokális trícium kiszabadulás nincs a mérőállomások közelében – néhány mintavételi pont trícium átlagával jól jellemezhető az országos csapadék trícium-koncentrációja. Ilyen feltételek mellett a szomszédos külföldi állomások adataiból is következtethetünk a magyarországi viszonyokra. A felületre jutó trícium terhelés az előzőkben említett tényezőkön kívül jelentékenyen függ a területre jutó csapadék mennyiségétől. A felületre jutó trícium-terhelés az év folyamán nem egyenletesen oszlik meg. Legnagyobb a terhelés júniustól szeptemberig, mert akkor esik le az évi csapadék legnagyobb része és ugyanekkor a csapadék trícium-koncentrációja is a legmagasabb. 1981-ben a szezonális változások amplitudója nagyobb az előző évinél, amely a korábbi évek tapasztalatától eltérő. Az irodalomból is ismeretes és magunk is tapasztaltuk, hogy az évi maximális koncentráció értékek a korábbi években csökkenő tendenciát mutattak. A jelenlegi növekedés oka légköri nukleáris robbantás vagy egyéb nukleáris ipari tevékenység lehet.

IRODALOM

- Brown, R. M., 1970: Distribution of hydrogen isotopes in Canadian waters *Isotope Hydrology*, p. 3. *Proc. Symp. IAEA*.
- Dybczynski, R. et al, 1979: Report on the intercomparison runs W-1/1 and W-1/2 for the determination of selected radionuclides in water, IAEA (RL) 60, Vienna.
- Eriksson, E., 1965: An account of the major pulses of tritium and their effects in the atmosphere. *Tellus* 17, 118.
- IAEA, 1968: Isotope techniques in hydrology. Vol. 1. *Bibliographical Series* (1957-1966), No. 32.
- IAEA, 1961: Tritium in the physical and biological sciences. Vol. 1. *Proc. Symp.*
- IAEA, 1980: *Environmental isotope data 1976-1979*. Vienna, (in press).
- Jacobs, D. G., 1968: Sources of tritium and its behaviour upon release to the environment. *USAEC Report, TD-24635*.
- McFarlane, J. C., Beckert, W. F. and Brown, K. W., 1976: Tritium in plants and soil. *Environmental Protection Agency, Report, N° 600/3-76-052*, Las Vegas.
- McFarlane, J. C., Beckert, W. F. and Brown, K. W., 1979: Tritium in plants. *J. Environmental Quality* 8, 269-276.
- Michel, R. L., 1976: Tritium inventories of the world oceans and their implications. *Nature* 263, 103-106.
- NCRP, 1979: Tritium in the environment. *Report, N°-62*.
- Schell, W. R. and Sauzay, G., 1973: World distribution of environmental tritium. *RLO Report, 2225-T-18-6*.
- Weiss, W., Bullacher, J. and Roether, W., 1978: Evidence of pulsed discharges of tritium from nuclear energy installation in central European precipitation. In. *Proc. Symp. Behaviour of tritium in the environment*, Vienna, p. 17.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 87. évf. 2. szám. 1983. március—április
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 87. No 2. March—Apr 1983. Budapest

Száraz periódusok makroszinoptikai analízise

MALLER ARANKA JUDIT, Központi Előrejelző Intézet, H—1675 Budapest, pf. 32.

Macrosynoptic researches into the causes of dry periods in Hungary. In order to improve forecasting the long dry periods in Hungary macrosynoptic researches were carried out. At first it seemed necessary to give a definition of the dry day. The calculations are based on data of all precipitation station in Hungary. The geographical distribution of stationary baric ridges observed during the dry periods on the Northern Hemisphere was made. Relationship was found between baric ridges in Europa and long dry periods in Hungary. For the conservation of the long dry periods meridional ridge-path series are needed in the troposphere. Furthermore for the development of European meridional ridge-path series central cyclone has to be located over Hudson-Bay. Drought is produced by repeat of analogous circulation processes.

✕

Száraz periódusok makroszinoptikai analízise. A szerzők tanulmányozták, hogy Magyarországon hosszú száraz időszakok milyen makroszinoptikus helyzetben jöhetnek létre, mennyi ideig maradnak fenn. Mivel a hosszabb ideig fennmaradó légköri folyamatokra a száraz nap fogalmára az egész ország csapadékadatait egyszerre figyelembe vevő definíciót vezettek be. Száraznak azt a napot tekintették, amikor az ország túlnyomó részén (legalább a 80%-án) a csapadékmennyiség területi átlaga 3 mm alatt volt, száraz periódusnak pedig az egymást követő száraz napok sorozatát. Vizsgálatukat az 1951–1980. időszakra végezték. A száraz periódusokra elkészítették a stacionárius gerincek földrajzi szektoronkénti eloszlását. Szoros kapcsolatot találtak az európai stacionárius gerincek és a magyarországi hosszú száraz periódusok között. Az európai stacionárius gerincek tartós fennmaradásának feltétele, hogy az Atlanti-óceán térségében széles alacsony nyomású zóna húzódjék, ehhez pedig az szükséges, hogy a központi ciklon tartósan Észak-Amerika fölött, a Hudson-öböltől délkeletre eső területen helyezkedjék el. Eredményeik szerint Magyarországon a tartós szárazság és aszály létrejöttének legfontosabb szinoptikai feltétele a meridionális gerincepályák egymást követő sorozata a közép-európai szektorban.

✕

Bevezetés. A száraz periódusok vizsgálatával célunk annak tanulmányozása volt, hogy milyen makroszinoptikus helyzetben jöhetnek létre hosszú száraz periódusok, mennyi ideig képesek fennmaradni hazánkban, s milyen szinoptikus okok miatt fejeződnek be. A száraz periódusokat kialakító makroszinoptikus folyamatok tanulmányozása egyben lehetővé teszi azt, hogy középtávú előrejelzéseink megbízhatóságát is növeljük.

A száraz periódusok kiválogatását az utóbbi 30 év csapadék adatai alapján végeztük. Kizárólag a Magyarország területén lehullott csapadékmennyiséget vettük figyelembe, a naponta jelentő 120 meteorológiai állomás adatai alapján. A szinoptikus helyzetet az AT₅₀₀ hemiszférikus térképek áttekintésével, valamint az atlanti-európai szektor talajközeli szinoptikus helyzete analízisének és az AT 500/1000 relatív topográfiának a figyelembevételével tanulmányoztuk.

Felhasználtuk a csapadék kialakulásához szükséges paramétereknek származtatott s a KEI archívumában tárolt értékeit, mint például a potenciálisan ki-hullható csapadékmennyiség területi eloszlásának térképeit, a 850 mbar-os szint vertikális sebességmezőjét, figyelembe vettük a teltési hiány területi eloszlását az európai szektorban és a labilitási indexeket.

Mivel Magyarország éghajlatának egyik fő jellemzője a szárazságra való hajlam, érthető, hogy a csapadékadatok statisztikai feldolgozásával a hazai szakirodalomban számos tanulmány foglalkozik. Nem célunk a magyarországi száraz periódusokra vonatkozó klimatológiai vizsgálatok ismertetése, de néhány fontosabb munkát időrendi sorrendben megemlítünk: *Kéri* (1941), *Szakácsné* (1953), *Péczeley* (1957, 1958, 1963), *Lőrincz* (1961), *Wágner* (1968), *Szilágyi* (1973), *Varga-Haszonits* (1977).

A száraz periódusok makroszinoptikus vizsgálatához a száraz nap definícióját *Varga-Haszonits* (1977, munkájából vettük át. Magyarország térségét 5 körzetre osztottuk:

1. Dunántúl északi része,
2. Dunántúl déli része,
3. Duna – Tisza köze,
4. Tiszántúl,
5. Északi-középhegység.

Körzetenként meghatároztuk a csapadékmentes és kicsapadékú állomások számát az 1951 – 1980-as időszakban. Egy körzetet abban az esetben tekintettünk száraznak, ha a napi csapadékhozam ≤ 3 mm a körzet állomásainak legalább a 80%-ra teljesült. Száraznak azt a napot tekintettük, amikor mind az öt körzet száraz volt. Tehát definíciónk szerint egy száraz napon Magyarország területének túlnyomó részén (legalább a 80%-án) a napi csapadékmennyiség területi átlaga 3 mm alatt van. Száraz periódusnak az egymást követő száraz napok sorozatát tekintettük.

A szárazságot előidéző szinoptikus helyzetek jobban vizsgálhatók a makroszinoptika módszerével, ha a száraz nap fogalmát az előbb megadott definíció szerint értelmezzük és nem csupán egy-egy reprezentáns állomáson fellépő szárazságra vagyunk tekintettel. Mi a hosszabb ideig fennmaradó légköri folyamatokat vizsgáljuk, már pedig a markoszinoptikából ismert összefüggés szerint minél nagyobb egy légköri képződmény kiterjedése, minél nagyobb térségben tapasztalható egy időjárási jelenség vagy egy légköri folyamat, annál hosszabb az élettartama.

Ahhoz, hogy makroszinoptikus vizsgálatunkat behatóbban elvégezhessük, szükség volt a száraz periódusok statisztikájával is foglalkoznunk.

1. A száraz periódusok statisztikai elemzése

Az 1951 – 1980 közötti időszak csapadékadatai alapján vizsgáltuk a száraz periódusokat. 20 napnál hosszabb periódus 26 alkalommal fordult elő – tehát majdnem évenként egyszer számíthatunk mintegy 3 hetes szárazságra. Az adatokat vizsgálva az is kitűnik, hogy a nyári hónapokban is előfordulhat az ország egész területét sújtó, 2-3 hetes száraz időszak, természetesen, ha vizsgálatunk kisebb területet érintene, például csak egy tájegységet vagy egy állomás körzetét, ennél jóval hosszabb száraz periódusokat találunk. 30 napnál hosszabb csapadék nélküli időszak mindössze 12 esetben volt a vizsgált időszakban, a nyári évszakban ilyen tartamú periódust nem találtunk.

10 napnál hosszabb száraz periódus 179 alkalommal fordult elő, ebből nyári

időszakra csupán 18 esett. Ezért a hosszú száraz periódusok makroszinoptikai vizsgálatába a nyári hónapokban a 10 napnál rövidebb száraz időszakokat is be kellett vonnunk.

A száraz periódusok statisztikai vizsgálatának kiegészítéséhez, elkülönítettünk még kétféle időjárási periódust: *A mérsékelt*en csapadékos időszakot és *a túlnyomóan* csapadékos időszakokat. (A mérsékelt en csapadékos időszak fennállása során az ország területének legfeljebb a 40%-án, a túlnyomóan csapadékos periódusban pedig legalább a 40%-án fordul elő 3 mm-t meghaladó csapadék). E két utóbbi időjárási periódust gyakran más-más szinoptikai objektum hozza létre. Így egyetlen meteorológiai elem – a csapadék figyelembevételével állítottuk elő az 1951–1980-as időszakra a természetes időjárási periódusokat. A mérsékelt en és a túlnyomóan csapadékos periódusok tartamgyakoriságait csak azért állítottuk elő, hogy az év egyes hónapjainak változékonyságát még behatóbban elemezhessük. Az *I. táblázat* mutatja be havi fel-

I. TÁBLÁZAT

Száraz napok, száraz periódusok statisztikai jellemzői az 1951–1980-as időszakban

	J.	F.	M.	Á.	M.	J.	J.	A.	Sz.	O.	N.	D.
A száraz napok összege 1951–1980. időszakban	673	613	656	590	512	441	502	556	657	703	597	638
A száraz napok havi átlaga	22	20	22	20	17	15	17	18	22	23	20	21
A száraz periódusok száma (1951–1980)	134	109	129	130	154	144	164	137	109	90	122	138
(Az időjárási periódusok száma (1951–1980))	330	277	325	336	421	427	424	377	283	232	307	321
A száraz napok havi összegének maximumai	31	28	30	26	26	26	29	26	30	31	26	30
A száraz napok havi összegének minimumai	15	9	10	12	8	7	7	6	8	13	12	14
A leghosszabb száraz periódusok időtartama	←57→	←34→	←35→		19	19	24	←37→	←39→	←33→		57

bontásban az 1951–1980. évi időszakban előfordult száraz napok összes számát Magyarország területén. Ebben a táblázatban feltüntettük a száraz szakaszok és a természetes időjárási periódusok számát. Látható, hogy a változékonyság a nyári hónapokban a legnagyobb. A legtöbb száraz szakasz májusban vagy júliusban alakult ki, ez jól megegyezik *Wagner* (1968) egy korábbi időszakra hasonló témakörben végzett vizsgálatával, amelyet más megközelítésben, 24 állomás adatai alapján végzett. Az *I. táblázat*ban a száraz napokra vonatkozóan néhány szélsőértéket is megadtunk: a száraz napok havi összegének maximális értékei és a leghosszabb száraz periódusok időtartama szerint az őszi, a téli és a koratavaszi hónapokban egy egész hónapra kiterjedő száraz periódus kialakulhat, a nyári hónapokban viszont a vizsgált időszakban legfeljebb 24 napos szárazság fordult elő.

Természetes időjárási periódusaink figyelembevételével a hasonló karakterisztikák alapján az év hónapjait nem négy, hanem öt időszakra bonthattuk fel. Az időszakokat elválasztó határ a természetes időjárási periódusok frekvenciájának trendanalízise alapján adódott. Az egyes időszakokhoz tartozó átlagos gyakoriság körüli szórás kisebb volt az évi átlag körüli szórásnál.

A *II. táblázat*ban közöljük a száraz és a csapadékos periódusok különböző hosszúságú tartamainak túllépési valószínűségeit százalékban kifejezve az év minden egyes időszakára.

II. TÁBLÁZAT

Az időjárási periódusok 1, 2, 5, . . . , 25 és 30 napnál hosszabb fennállásának valószínűségi értékei a különböző évszakokban, %-ban

A periódus hossza, nap	>1	>2	>5	>7	>11	>12	>15	>20	>25	>30
<i>Dec. – jan. – febr. :</i>										
Száraz	41	30	14	11	7	5,1	2,7	1,5	0,6	0,4
Mérsékeltlen csapadékos	34	10	0,1	0	–	–	–	–	–	–
Túlnyomóan csapadékos	25	11	0	–	–	–	–	–	–	–
<i>Március – április :</i>										
Száraz	39	30	13	9	4	3,5	1,9	0,6	0,3	0,3
Mérsékeltlen csapadékos	37	9	0	–	–	–	–	–	–	–
Túlnyomóan csapadékos	24	13	0,5	0	–	–	–	–	–	–
<i>Máj. – jún. – júl. – aug. :</i>										
Száraz	36	24	8	4	1,7	1,1	0,7	0,1	0	–
Mérsékeltlen csapadékos	38	13	0,2	0,1	0	–	–	–	–	–
Túlnyomóan csapadékos	26	11	1,1	0,4	0	–	–	–	–	–
<i>Szeptember – október :</i>										
Száraz	40	32	18	13	8	6,9	3,8	1,7	1,1	1,1
Mérsékeltlen csapadékos	34	10	0	–	–	–	–	–	–	–
Túlnyomóan csapadékos	26	11	0,4	–	–	–	–	–	–	–
<i>November :</i>										
Száraz	38	30	11	6	2,9	1,9	1,0	0,3	0	–
Mérsékeltlen csapadékos	34	10	0	–	–	–	–	–	–	–
Túlnyomóan csapadékos	28	13	0,6	0,3	–	–	–	–	–	–

2. A hosszabb száraz periódusok kialakulásának feltételei

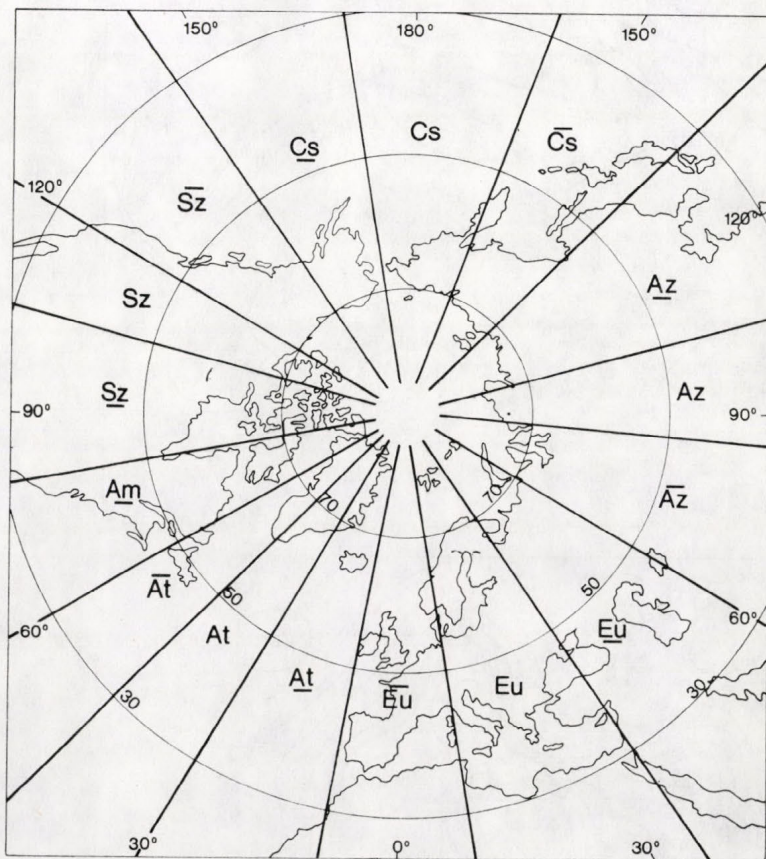
A száraz periódusok vizsgálatát nem tehetjük meg a csapadék kialakulásához elengedhetetlenül szükséges paraméterek figyelembevétele nélkül. A száraz időszakok előrejelzése tulajdonképpen a csapadék-előrejelzés speciális esetét jelenti. A levegő kiszáradása – a felhőzet feloszlása a leszálló mozgáshoz kapcsolódik. Ismeretes, hogy a leszálló légmozgások elsősorban anticiklonokban (magassági gerincekben) jönnek létre, de a ciklonok hátoldalán is jellemzőek az ilyen irányú mozgások. Rövidebb ideig tartó száraz periódusok kialakulhatnak két ciklonális objektum közötti térségben is, vagy jellegtelen légnyomásmezőben (ú. n. „bárikus mocsárban”). Nincs ugyan egyértelmű megfelelés a száraz időszak és a magassági gerinc (anticiklonális helyzet) között, – ezt az operatív munkából szerzett tapasztalataink is alátámasztják – a hosszú száraz periódusok kialakulása mégis ahhoz a feltételhez kapcsolódik, hogy elég nagy térségben, hosszú ideig álljon fenn leáramlás. Ez a feltétel a makroméretű, tartósan megmaradó szinoptikus objektumok a stacioner gerincek jelenléte idején teljesül.

3. A stacionárius gerincek földrajzi szektoronkénti eloszlása a hosszabb száraz időszakokban

Az 1961–1980-as időszak 52 száraz periódusának minden egyes napjára vizsgáltuk az általános cirkuláció állapotát. Az őszi, téli évszakban kizárólag a 15 napnál hosszabb ideig tartó szárazságot előidéző helyzeteket elemeztük, míg a nyári időszakban a legalább 7 napig megmaradót. Ősszel s télen a 15, ill. nyáron a 7 napnál hosszabb száraz periódusok előfordulásának valószínűsége 10%. Az általános cirkuláció vizsgálatához az 500 mbar-os topográfiát használ-

tuk fel, azt az eljárást alkalmaztuk, amelynek elméleti alapjait *Titkos E.* (1979) dolgozta ki és alkalmazta először a hazai operatív szolgálatban. (*Titkos et al.*, 1975, 1978, 1979, 1980, 1981).

Az általános cirkulációt a poláris ciklon nyomásrendszere alapján tanulmányoztuk. Ezt a nyomás rendszert a pólus környezetében található központi ciklon, a stacioner gerincek és teknők, valamint a nyomásháborgások alkotják. Mivel a teknők és a gerincek kölcsönösen meghatározzák egymást, ezért a polá-



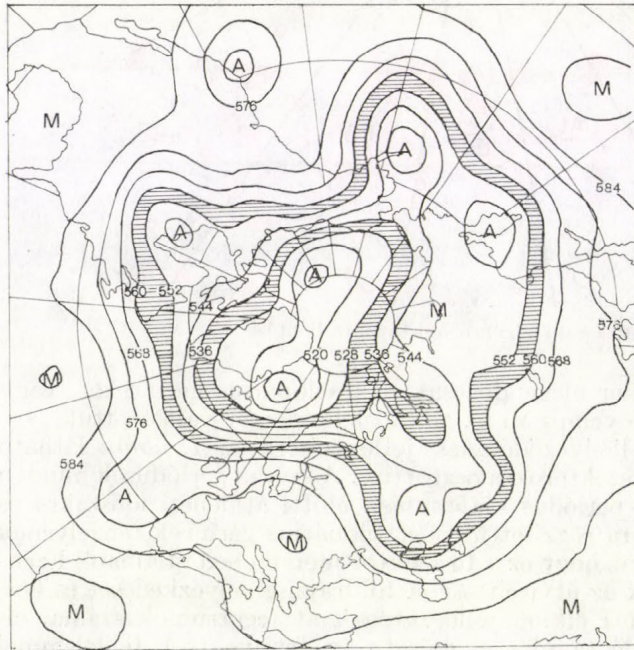
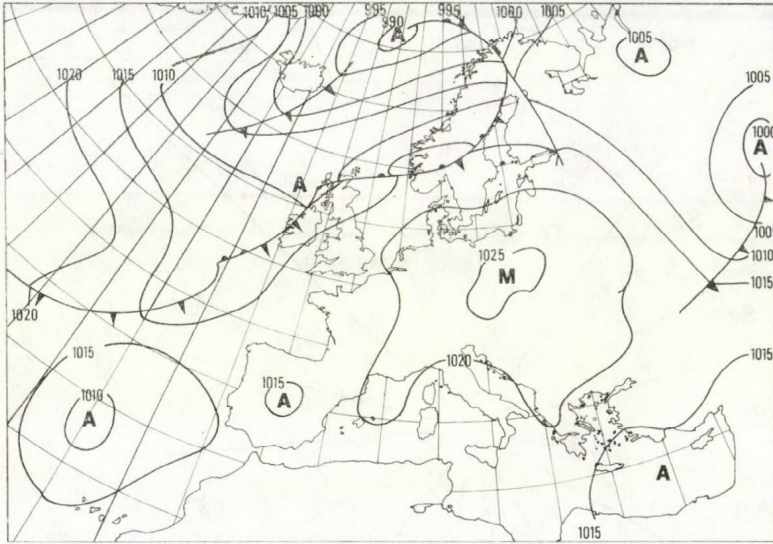
1. ábra : Az északi félgömb szektorokra bontása

ris ciklon tanulmányozásakor elegendő csak a stacionárius gerinceket, vagy csak a teknőket figyelembe venni. Mi az előbbi lehetőséget választottuk.

A gerincek földrajzi elhelyeződésének jellemzésére az 1. ábrán látható módon az északi félgömböt szektorokra osztottuk. A száraz periódusok minden egyes napjára, valamint a periódus kialakulása előtti átmeneti időszakokra és a befejeződése utáni napokra rögzítettük a stacionárius gerincek tengelyének a földrajzi helyét, megjelölve, hogy ez a 16 szektor melyikében található. Ezenkívül naponként vizsgáltuk az átviteli sávok földrajzi elhelyezkedését és kölcsönös helyzetét, a központi ciklon jellegzetességeit (centrumok száma, elhelyeződése, a pólustól való távolsága, mérete, mélysége stb.), figyelemmel

kísértük az európai szektorban a cirkuláció jellegét. A 2. ábrán bemutatunk egy száraz periódusra jellemző makroszintoptikus helyzetet az atlanti-európai szektor talajközeli szintoptikus analízise és az AT₅₀₀ hemiszférikus topográfia alapján. A belső és a középső átviteli sávot az ábrán bevonalkázva jelöltük.

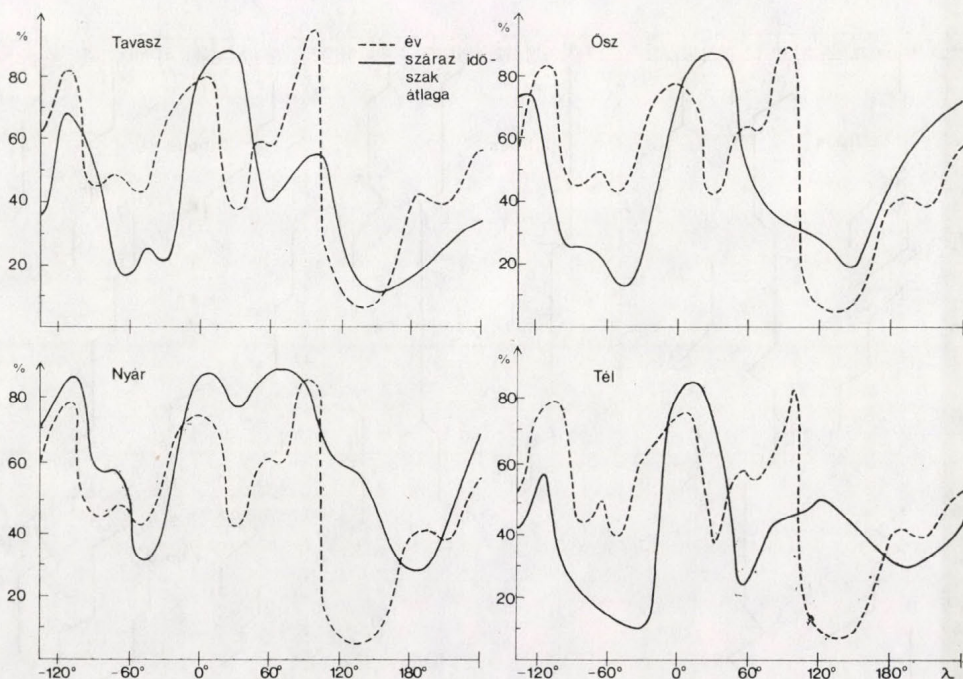
Elkészítettük a száraz periódusokra a stacionárius gerincek földrajzi hosszúság szerinti gyakorisági eloszlását (3. ábra). A 4 évszakra külön-külön állítottuk elő ezeket az eloszlásokat (3. ábrán a folytonos görbe). Ugyanezen az



2. ábra: Száraz periódusra jellemző makroszintoptikus helyzet, a talajközelen, és 500 mbaron, 1982. szeptember 18-án 00 GMT-kor.

ábrán szaggatott görbével ábrázoltuk a stacionárius gerincek évi gyakorisági eloszlását. Az általános cirkulációra irányuló korábbi kutatások szerint (Titkos et al., 1981.) a stacionárius gerincek a leggyakrabban a Sziklás hegység vidékén, a Himalája fölött és az Atlanti-óceánon tartózkodnak.

A száraz periódusokhoz tartozó eloszlások azonban más szerkezetűek. Ugyanis a száraz időszakokban a gerinc gyakorisági maximuma az Atlanti-óceán térségéből áttevődik az európai kontinens nyugati és középső része fölé — ez



3. ábra: A stacionárius gerincek gyakoriságának földrajzi eloszlása évszakonként. A vízszintes tengelyen a földrajzi hosszúság van

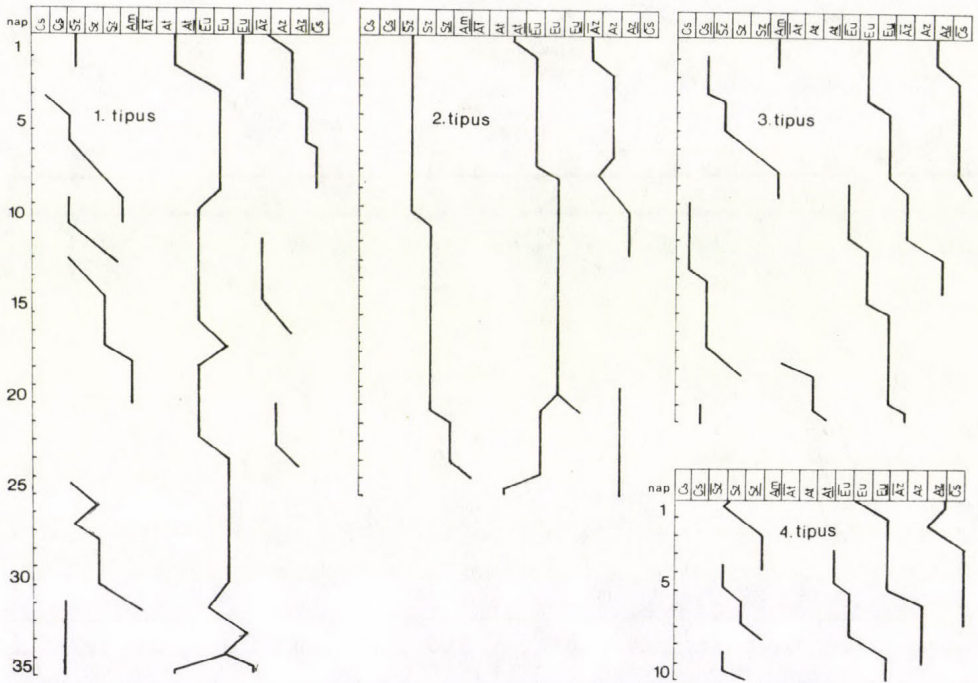
minden évszakra jellemző volt. A Sziklás hegység keleti oldalától egészen az Atlanti-óceán keleti medencéjéig egyetlen nagykiterjedésű alacsony-nyomású rendszert találtunk. Az évszagos eloszlásokat vizsgálva — a nyári kelet-európai maximum-helyet nem tekintve — lényeges különbségeket nem tapasztaltunk.

Összefoglalva: ez a vizsgálat azt igazolja, hogy a száraz periódusok tartama alatt Nyugat-, vagy Közép-Európában az esetek túlnyomó többségében stacionárius gerinc található. A hosszú száraz időszakokhoz tartozó makroszinoptikus helyzetekre készített gyakorisági eloszlás még arra is rámutat, hogy a száraz periódusok idején az európai szektorban sokkal többször fordul elő stacionárius gerinc, mint a Sziklás-hegység környezetében. Tehát a magyarországi száraz periódusok és az európai stacionárius gerincek között szoros kapcsolat van.

4. Jellegetes gerincpályák a száraz időszakokban

Ahhoz, hogy nyomon követhessük a stacionárius gerincek földrajzi elrendeződéseit és időbeli változásait, olyan táblázatokat készítettünk, amelyek oszlopai a földrajzi szektoroknak, sorai pedig az egymást követő napoknak

feleltek meg. Minden egyes napon feltüntettük ebben a táblázatban a stacionárius gerincek tartózkodási helyét, így sikerült előállítanunk az egyes száraz periódusokhoz tartozó gerincpályákat. A különböző hosszúságú, tartósan száraz időszakokhoz tartozó 52 gerincpálya jellegzetességeit elemezve 4 típust sikerült elkülönítenünk (4. ábra). Egy-egy gerincpálya-sorozat a poláris ciklon nyomásrendszerének már nem a pillanatnyi állapotára, hanem állapotváltozásaira utal. Voltaképp a természetes időjárási periódusokban végbemenő makroszinoptikus folyamatok jellegéről is képet kaptunk ezzel az eljárással, amely a

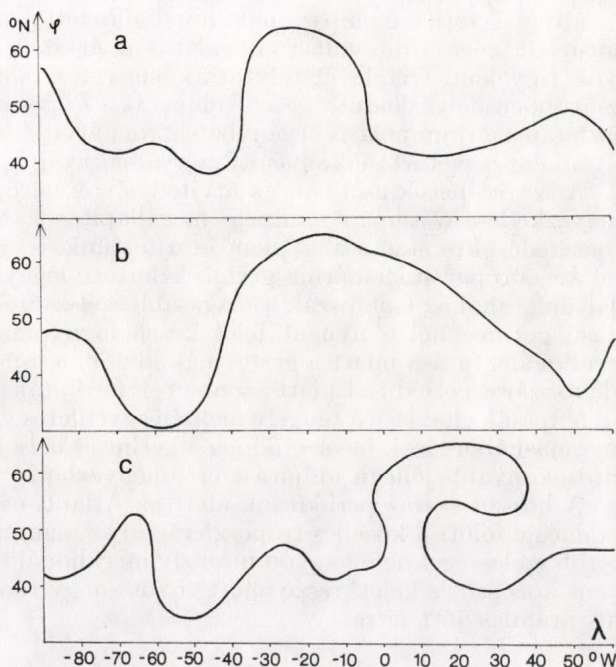


4. ábra : Gerincpálya típusok a száraz időszakokban

poláris ciklon háborgásainak elrendeződéseit és ezen elrendeződések változásaira vezető makroszinoptikus folyamatokat kapcsolatba hozza a gerincpálya-sorozatok típusaival.

A száraz periódusokhoz tartozó gerincpálya-sorozatok tipizálásakor a pályák konfigurációbeli hasonlóságára és a gerincek földrajzi elhelyezkedésére egyaránt tekintettel voltunk. A gerincpálya-sorozatok osztályozásakor 11 típus különíthető el (Titkos et al., 1981. 35/a–k ábra). Száraz periódusokban a Titkos-féle pályatípusok közül 4 osztály fordult elő. Az 1. pályatípusunk (4/a ábra) a Titkos-féle MP3 típusal volt azonosítható, a 2. típus (4/b ábra) a Titkos-féle MS3. Mindkét pályatípus meridionális jellegű: a pálya tartósan ugyanabban a földrajzi térségben halad. Az 1. típusnál az európai szektorban a pálya meridionális hellege periodikusan ismétlődik. Ugyanakkor a Sziklás-hegység térségében fluktuáló gerincpályákat találunk, tehát a hegység előterében rövid élet-tartamú, nagy sebességgel áthelyeződő gerincek alakulnak ki, amelyek Észak-Amerika keleti részét elérve leépülnek, s mint kisamplitúdójú nyomásháborgások hozzákapcsolódnak az atlanti-európai szektorban levő stacionárius gerinc-

hez. Összekapcsolódásuk során az európai gerinc tengelye nyugatabbra kerül. Ez a folyamat a gerincpálya alternáló mozgásában is megnyilvánul és azt eredményezi, hogy bizonyos periodicitással a stacionárius gerinc újra megjelenjék az európai szektorban. A 2. típusnál az európai szektorban is és a Sziklás-hegység környezetében is a meridionalitás stabilis jellege a szembetűnő. A 3. és a 4. típust (4. ábra) a zonalitás jellemzi; itt a zonalitás kifejezést abban az értelemben használjuk, hogy a gerincek nem tartózkodnak tartósan ugyanabban a szek-



5. ábra: Az 552 gpm izohipszák regressziós görbéje az Atlanti-európai szektorban, a kora tavaszi száraz periódusokban. (a) a periódus kezdetén, (b) a periódus alatt, (c) a periódus befejeződésekor

torban, hanem nyugatról kelet felé gyorsan helyeződnek át. Ezt a két típust az áthelyeződési sebesség nagysága szerint különítettük el. A 4. típushoz, mivel a gerincpálya-szakaszok rövidebb ideig tartózkodnak az egyes szektorokban, rövidebb tartamú száraz periódus tartozik. Az utóbbi két típus a Titkos-féle ZS3 és ZF2 gerincpálya-típussal azonos.

A gerincpálya-sorozatok tanulmányozása során azt tapasztaltuk, hogy hosszú száraz időszak akkor alakulhat ki a Kárpát-medencében, ha az európai szektorban a gerincpályák meridionális jellege állandósult, vagy a gerincpályák szakaszaiban található elmozdulások mértéke nem olyan nagy, hogy a közép-európai makroszínóptikus helyzet jellege is megváltozna, azaz csak kisebb fáziseltolódás lépjen fel a nagy amplitúdójú bárikus hullámoknál. Ilyen esetben a gerincpályák szakaszai alternáló mozgást végeznek egy tengely mentén, mivel a stacionárius gerincek csúcsa egy-egy peremhábörgés hatására, átmenetileg, a szomszédos nyugati szektorba helyeződik.

5. A stacionárius gerincek típusa a száraz időszakban

A koratavaszi száraz időszakokat előidéző makroszínóptikus helyzetek vizsgálatakor a következő eljárást is alkalmaztuk: az 500 mbar-os abszolút

topográfiairól naponta megrajzoltunk egy meghatározott izohipszát a Labrador-félsziget és az Ural közti térségben. Egyetlen izohipsza naponkénti helyzetét követve is egy nagy amplitúdójú hullámalakzat kialakulása, majd a száraz periódus befejeződési szakaszában különböző deformálódása és a hullámkarakterisztikák csökkenése figyelhető meg. A naponta megrajzolt 552 gpm izohipszák halmazához előállítottuk a legjobban illeszkedő görbéket. A száraz periódus kezdeti, középső és befejező szakaszára különböző jellegű símitott görbéket kaptunk (5. ábra).

Mivel egyetlen izohipsza nem mindig követi a stacionárius képződmények kontúrjait, célszerűbb volt a vizsgálatot az átviteli, vagy másnéven dinamikai sávok figyelembevételével folytatni. Ismeretes, hogy ezekben a sávokban a legsűrűbben helyezkednek el az izohipszák (Titkos et. al., 1981). Az északi hemiszférán a cirkumpoláris örvényben három átviteli sávot találhatunk, amelyek helyenként összetartanak, másutt szétválnak, vagy párhuzamosan haladnak.

A száraz periódusokban az átviteli sávok európai szektorba eső részének elhelyezkedésére csupán minőségi megállapításokat tettünk, számukra és elhelyezkedésükre statisztikát nem készítettünk.

Az európai stacionárius gerincek között leggyakrabban olyan típusokat találtunk, ahol az izohipszák a magasabb szélességek felé sűrűsödtek. Az ilyen típusú gerinceknél a nyugat felől közeledő nyomásháborgás az átviteli sáv meridionális futása miatt a gerinc hátoldalán, a csúcs felé helyeződik át. A rövidebb száraz periódusok alatt azonban előfordultak olyan gerinctípusok is, ahol az izohipszák eloszlása a tengely mentén egyenletes volt. Az ilyen típus esetében a nyomásháborgások bevezetődnek a gerincek belsejébe, ez a folyamat viszont változókényabb jellegű időjárást eredményezhet.

A hosszú száraz periódusok alatt az Atlanti-óceán nyugati vagy középső medencéje fölött a közepes troposzférában az alacsonyabb szélességektől a magasabb szélességek felé nagyon intenzív meridionális áramlás alakult ki, a kontinens középső és keleti része fölött viszont nagy térségben ÉNY – DK-i divergens áramlás jött létre.

6. Az európai stacionárius gerinc tartós fennmaradásának feltétele

Az előbbieken kifejtettük, hogy az európai gerinc hosszú idejű fennmaradása teszi lehetővé a több hetes száraz időszakok kialakulását a Kárpát-medence térségében. Ha tehát egy európai gerinc élettartamát előre tudnánk jelezni, a hosszú száraz periódusok prognosztizálásában igen jelentős eredményt érhetnénk el. Ezért fontos megvizsgálni, milyen makroszintoptikus folyamatok játszanak szerepet abban, hogy az európai szektorban egy gerinc tartósan fennmaradjon. Az európai stacionárius gerincek pályasorozatát vizsgálva láthattuk, hogy a gerinc tengelye több alkalommal nyugat felé áthelyeződött. Ezt a retrográd mozgást azzal magyarázhatjuk, hogy a Sziklás-hegység térségében kialakuló gerincek nem maradtak ebben a körzetben, hanem csökkenő amplitúdóval kelet felé helyeződtek át, míg végül gerincszerű nyomásháborgássá transzformálódva csatlakoztak az európai gerinc hátoldalához. Az európai gerinc tartós fennmaradásának feltételeire a következő hipotézist állítottuk fel:

1. Legyen erőteljes a meridionalitás a gerinc hátoldalán (az Atlanti-óceán európai partjai közelében).
2. Ne alakuljon ki stacionárius gerinc az Atlanti-óceán térségében, hanem egy széles alacsony nyomású zóna helyezkedjék el Kanada középső részétől Európáig. Véleményünk szerint ehhez az szükséges, hogy a

központi ciklon Észak-Amerika fölött tartósan a Hudson-öböltől dél-keletre eső területeken helyezkedjék el.

3. A központi ciklon gyakran erősödjék meg a Kola-félsziget térségében, a Skandináv félsziget észak-keleti része fölött kialakuló mély központi ciklon ugyanis a közepes troposzféra nyomásmezéjében olyan deformálódást okoz amely az európai szektorban az északi meridionalitást fokozza.

Az aszály létrejöttének makroszinoptikus feltételére vonatkozó elképzelésünk röviden a következő:

Az aszály kialakulását analóg cirkulációs mechanizmusok többszöri ismétlődése, azaz a közép-európai szektorban az egymást követő meridionális gerincpályák sorozata okozza.

A továbbiakban a központi ciklon és a stacionárius gerincek közötti kapcsolat vizsgálatát tartjuk fontosnak. Ez bizonyíthatná ugyanis a központi ciklon centrumainak elhelyezkedésére vonatkozó hipotézisünk helyességét, ill. megmutatná a központi ciklon irányító hatását az európai szektorban tartósan fennmaradó makroszinoptikus képződményekre.

IRODALOM

- Kapovits A.-né - Maller A. - Tükös E., 1975: A légköri folyamatok szimulációján alapuló középtávú előrejelzési modell. Szakmai továbbképzés KEI, Kézirat.
- Kéri M., 1941: Szárazsági számok Magyarországról. *Időjárás* 45, 93 - 113.
- Lőrincz A., 1961: A csapadékmentes időszakok gyakorisága és tartamuk valószínűsége a Balaton térségében. *OMSZ, Beszámoló az 1961-ben végzett tudományos kutatásokról*, 220 - 226.
- Maller A. - Tükös E., 1978: Az időjárás középtávú előrejelzése új megközelítésben. *OMSZ Hív Kiadv. XLVIII*, 112 - 119.
- Maller A., 1979: *Novij metod prognoza pogodi srednjej zablago vremennosztyi v Vengrii*. Protokoll, Szovetscsanyije po teme 7 RG KNIR, Warszawa
- Maller A. 1981: *Issledovanyija po izucsenyiju atmosfernih processzov szevernovo polusarija*. Otcsoť szovetscsanyija ekszpertov GMSz MSz socialisztjyicseszkih sztran po teme 7 NIR, Praga
- Pécze Gy., 1957: Tartamvalószínűségek vizsgálata *Időjárás* 61, 245 - 253.
- Pécze Gy., 1958: A szárazsághajlam évi járása és szingularitásai Magyarországon. *Időjárás* 62, 294 - 297.
- Pécze Gy., 1963: Csapadékmentes időszakok tartamvalószínűsége Magyarországon. *Időjárás* 67, 33 - 38.
- Szakács Gy.-né, 1953: Csapadékos és csapadékmentes napok sorozatai Budapestről, 50 évi megfigyelés alapján. *OMSZ, Beszámoló az 1953-ban végzett tudományos kutatásokról*, 145 - 151.
- Szilágyi T., 1973: Csapadékos, csapadékmentes és különböző csapadékkategóriákat elérő vagy meghaladó napok között eltelt időszakok hossza Kecskeméten. *OMSZ, Beszámoló az 1973-ban végzett tudományos kutatásokról*, 169 - 198.
- Tükös E., 1979: Útmutatás a gerinc típusainak meghatározásához. Szakmai továbbképzés KEI, Kézirat.
- Tükös E. - Koppány Gy., 1980: Módszertani útmutató az időjárás havi előrejelzésére. Szakmai továbbképzés, KEI. Kézirat.
- Tükös E. - Maller A., 1980: Az 500 mbaros nyomásfelület előrejelzése a bárikus képződmények karakterisztikus konfigurációi alapján. Szakmai továbbképzés, KEI. Kézirat.
- Tükös E. - Maller A. - Máté A., 1981: *Makroszinoptika és távelőjelzés*. OMSZ Kiseb Kiadv. 49. Budapest.
- Tükös E., 1981: A gerincpályán alapuló cirkulációs típusok katalógusa. Szakmai továbbképzés KEI. Kézirat.
- Varga-Haszonits, Z., 1977: A magyarországi száraz és csapadékos periódusok statisztikai vizsgálata. Szakmai továbbképzés, KEI. Kézirat.
- Wagner M., 1968: Csapadékmentes és kiscsapadékú napok néhány statisztikai jellemzője. *Időjárás* 72, 30 - 34.
- Wagner M., 1968b: Csapadékmentes és kiscsapadékú napok gyakorisági és tartamgyakorisági értékeinek időbeli eloszlása. *OMSZ Beszámoló az 1968-ban végzett tudományos kutatásokról*, 245 - 256.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 87. évf. 2. szám. 1983. március – április
Journal of the Hungarian Meteorological Service. Vol. 87. No. 2. March – Apr 1983. Budapest

A napállandó meghatározásának újabb eredményei

PAP JUDIT, Központi Légekőfizikai Intézet, H—1675 Budapest, Pf. 39.

The recent results of the determination of the solar constant. In this paper we deal with different methods and possibilities of the solar constant. We describe the latest results of the investigations concerning the inner structure of the Sun. By these results variations of the solar luminosity having different time scales and amplitudes exist. The initial ground based measurements of the solar constant as well as the high altitude: aircraft, rocket and satellite observations performed in order to eliminate of the atmospheric effect are summarized and the problems arising in the course of the measurements are discussed. Finally we investigate the possible relations between the solar constant and the solar activity on the basis of measurements of satellites.

✱

A napállandó meghatározásának újabb eredményei. Cikkünkben a napállandó meghatározásának különböző módszereivel és változásának lehetőségével foglalkozunk. Ismertetjük a Nap belső szerkezetére vonatkozó kutatások legújabb eredményeit, amelyek a Nap-luminositás különböző időskálájú és amplitudójú változásainak lehetőségét jelzik. Összefoglaljuk és diszkutáljuk a napállandó meghatározására irányuló kezdeti, földfelszíni méréseket, majd a különböző légköri effektusok kiküszöbölését szolgáló nagy magasságú: repülőgépes, ballonos, rakétás és műholdas méréseket, valamint a mérések során felmerülő problémákat. Végül a mesterséges holdak mérései alapján áttekintjük a napállandó és a különböző naptevékenységi jelenségek lehetséges kapcsolatát.

✱

Bevezetés. A napállandó a meteorológia és az asztrofizika egyik legalapvetőbb fogalma, mivel értéke a Földre érkező napenergia mennyiségére jellemző. A napállandó az a számérték, amely megadja, hogy átlagos Föld–Nap távolságban, a légkör felső határán a sugárzás haladásának irányára merőleges egységnyi felületre mennyi napenergia esik. A napállandó fogalmát 1837-ben *Pouillet* vezette be, meghatározása a századfordulótól végeznek folyamatos méréseket. Jelenleg elfogadott átlagértéke 1370 Wm^{-2} , melyet az összes rendelkezésre álló mérési eredményből határoztak meg. Az utóbbi évtizedben a napállandó értékének meghatározása újból a kutatások középpontjába került, ugyanis a legújabb klímamodellek szerint a napállandó kicsi, de folyamatos változása befolyásolhatja a földi légkör globális hőháztartását és klímamódosító hatásokat válthat ki. *Eddy* (1977) számításai szerint a napállandó $0,5\%$ /évszázad nagyságrendű változása magyarázatot adhat a múltbeli klímafeltételek változására.

A Napra vonatkozó elméleti modellszámítások szintén a napállandó különböző időskálájú változásait jelzik. E változásokat a Nap centrális tartományában lejátszódó energiatermelésben, majd az energiátranzportban levő változásokra, továbbá a Nap atmoszférikus jelenségeinek néhány fajtájára lehet visszavezetni.

Az abszolút radiometriának a fejlődése ma már lehetővé teszi, hogy a napállandó értékét tized, esetenként néhány század százalékos pontossággal határozzuk meg, s ily módon kimutassuk az elméleti úton jelzett változásokat. Ez óriási jelentőségű mind a csillagfejlődési elméletek, mind a klímamodellek szempontjából. E munkában a napállandó lehetséges változásainak elméleti hátterével, valamint a napállandó meghatározására vonatkozó különböző mérési eljárásokkal foglalkozunk.

1. A napállandó változásának fizikai okai

A mai ismereteink szerint a napállandó lehetséges változásait a Nap különböző tartományaiban lejátszódó folyamatok okozhatják, amelyek különböző időskálákon mehetnek végbe.

A csillagfejlődési elméletek alapján a Nap fejlődéséhez a napállandó hosszútávú, lassú, évmilliárdos nagyságrendű változása kapcsolható. Ez a centrális tartományban lejátszódó $4\text{H} \rightarrow \text{He}$ fúziós folyamat következtében a hélium mennyiségének növekedésére vezethető vissza, mely eredményeként mintegy 25%-kal növekedett a Nap luminozitása az utóbbi 4–4,5 milliárd év folyamán. (Luminozitásnak a csillagok által időegység alatt kisugárzott energia mennyiségét nevezzük.) Eszerint a régmúltban, amikor a Földön megindult az élet fejlődése, a Föld átlagos hőmérsékletének kb. 25 °C-kal alacsonyabbnak kellett lennie a jelenleginél. Ekkor a földgolyó nagy részét jég borította volna. A paleoklimatológiai adatok azonban ennek az ellenkezőjét jelzik, s nem valószínű, hogy az élet az említett zord viszonyok között kialakulhatott volna. Feltételezhető viszont, hogy a Föld óslégkörének jelenlegitől eltérő szerkezete és kémiai összetétele — pl. meglehetősen nagy CO_2 tartalma — miatt, az üvegházhatás révén a Föld átlagos hőmérséklete magasabb volt, mint amit az akkori napállandó a maihoz hasonló légköri feltételek mellett lehetővé tett volna.

A hosszútávú változásokra rövidebb időskálájú változások rakódhatnak rá, melyek a Nap konvektív zónájában lejátszódó folyamatokkal lehetnek kapcsolatban. Mivel a konvektív zóna közvetlenül nem figyelhető meg, szerkezetét csak elméleti modellszámításokkal tudjuk vizsgálni. A konvektív zóna alsó, s egyben legnagyobb kiterjedésű részén az anyag részlegesen ionizált állapotban van, ekkor a sugárzás útján felvett energia ionizációra fordítódik, s az anyag ezt a többlet energiát nem tudja sugárzás útján továbbítani. Ennek következtében megindul az anyag konvektív áramlása. A konvektív zóna nagy részén az energiatranszportot teljes egészében az úgynevezett konvektív cellák felfelé, illetve lefelé áramlása biztosítja. A sűrűség csökkenésével a külső, mintegy 3000 km vastag, ún. átmeneti tartományban a konvekció kevésbé hatékonyá válik. Ekkor az energia továbbításában már jelentős szerepet kap a sugárzás is, majd közvetlenül a fotoszféra alatti, ún. szuperadiabatikus tartományban a sugárzás az energiatranszport domináns formája.

A konvektív zóna különböző folyamatai annál hosszabb időskálán módosíthatják a luminozitás értékét, minél mélyebbre hatolunk a Nap belsejébe. A 10^5 éves időskálán előforduló változások azokhoz az instabilitásokhoz kapcsolódnak, melyek a konvektív zóna és a sugárzási belső rész közötti kölcsönhatásból származnak (Gough, 1981). A konvektív zóna leírására általánosan használt „keveredési úthossz” elmélet alapján a fotoszférához közel, az átmeneti és a szuperadiabatikus tartományban a keveredési úthossznak (l), vagy ami ezzel egyenértékű, a konvekció hatékonyságának a változása módosíthatja a sugárzás által szállított energia mennyiségét és az érintett tartomány

fizikai szerkezetét. Az (I) változását okozhatja a szupergranulák számának a változása, valamint a Nap mágneses terének hatása. Az elméleti számítások szerint az (I) értékében fellépő 0,02 változás a napállandó néhány tized százalékos nagyságrendű változását okozhatja, napoktól ezer évig terjedő időskálán (Dearborn és Newman, 1978; Sofia et al., 1979). A különböző fizikai paraméterekkel számított modellek mindegyike azt mutatja, hogy a keveredési úthossz oszcillációja általános jelenség, amely alátámasztja a napállandó kis amplitudójú változásának a lehetőségét.

Mivel a napállandó mérése a századfordulón kezdődött meg, s közvetlen, direkt mérések a hatvanas évek végétől állnak rendelkezésünkre, jelenleg a napállandónak csak a naptevékenységgel kapcsolatos változását áll módunkban vizsgálni. A naptevékenység során a Nap légkörében általában 11 – vagy a mágneses polaritási viszonyokat is tekintetbe véve 22 éves – periódussal különböző képződmények: foltok, fáklyák, flerek jelennek meg. Azt mondhatjuk, hogy akkor és csak akkor nincsen naptevékenység, ha a Nap felszínén – a fotoszférán – csak a granulációs szerkezet rajzolódik ki és semmilyen egyéb, szembeutó fényességkülönbséget nem figyelhetünk meg. A naptevékenység fizikai okát ma még nem ismerjük pontosan, azonban feltételezhető, hogy a Nap belsejében levő mágneses terek, a differenciális rotáció és a konvekció között fellépő kölcsönhatásoknak lényeges szerepe van a kialakításánál. Fizikai szempontból szintén nem tudjuk még a naptevékenység erősségét egyértelműen meghatározni, statisztikusan azonban bármely aktivitási jelenség felhasználásával jól jellemezhetjük (pl. foltok, fáklyák számával, területével, flerek gyakoriságával stb.). A gyakorlatban leginkább elterjedt és általánosan használt napaktivitási index a Wolf-féle napfoltrelatívszám és a 2800 MHz-en (10,7 cm) mért fluxus. Bár régóta ismert, hogy a napspektrum rövid hullámhossztartományában érkező energia mennyisége erősen változik a naptevékenység függvényében, s ennek különböző geofizikai hatásai is vannak, a napállandónak a napeciklussal kapcsolatos változása ma még kevésbé ismert és erősen vitatott. Ennek egyrészt az az oka, hogy az elméleti számítások szerint a napfoltok és a fáklyák csak igen kis mértékben, néhány század-tized százalékos nagyságrendben módosítják a napállandó értékét, s jelenleg ez a változás a mérései hibahatár küszöbén van. Másrészt a napállandó direkt, légkörön túli folyamatos mérése csak az utóbbi években kezdődött meg, ez az idő kevés ahhoz, hogy bármilyen messzemenő következtetést vonjunk le a 11 éves napeciklussal kapcsolatos napállandó változásról.

Mivel a Napra vonatkozó elméleti modellszámítások a napállandó különböző időskálájú és kis amplitudójú változásait jelzik, továbbá a jelenlegi klímamodellek szerint e kicsi, de folyamatos változásoknak klímamódosító hatásai lehetnek, egyre égetőbb feladattá vált a napállandó értékének pontos meghatározása és változásának nagy pontosságú mérésekkel való kimutatása.

2. A napállandó meghatározása földfelszíni mérések alapján

Jelen ideig a leghosszabb időperiódust lefedő, folyamatos napállandó meghatározások földfelszíni mérések alapján történtek. A mérések nagy részét a Smithsonian Intézetben végezték, ahol kidolgozták a jól megalapozott „hosszú” és „rövid” módszerként ismert mérési és redukción eljárásokat. A földfelszíni mérések lényege, hogy pyrheliométerekkel megméri a Földre érkező napsugárzás intenzitását és ezzel párhuzamosan – a földi légkör szelektív áteresztőképessége miatt – meghatározzák a Nap spektrális energiaeloszlá-

sát. A felszínen mért intenzitásértékekből a spektrális energiaeloszlás ismeretében standard légköri modellek alapján határozzák meg a légkörön túli sugárzásértékeket. A légköri szórás, elnyelődés és visszaverődés miatt a Föld felszínére csak 290 és 2000 nm között érkezik le a napsugárzás, ezért a spektrum rövid és hosszúhullámú részein korrekciókat kell alkalmazni, továbbá figyelembe kell venni a műszereffektusokból származó energiaveszteségeket is. A Smithsonian-adatokból meghatározott napállandó értékére 1353 Wm^{-2} adódott.

Az első mérési sorozatok alapján a Smithsonian Intézetben a napállandó értékének erős változását mutatták ki, elkülönítve egy rövid és egy hosszú periódusú változást. Később bebizonyosodott, hogy ezeket a kezdeti változásokat a műszerek és az atmoszférikus áteresztőképesség meghatározásának pontatlanságára lehet visszavezetni. Az 1923 és 1954 közötti Smithsonian-adatok statisztikus analízise arra mutat, hogy a napállandó értéke $0,17 \pm 0,04$ %-ot változott az adott időszakon belül, mely inkább a légköri áteresztőképesség változásával volt kapcsolatban, míg a naptevékenység napos időskálán, $\Delta S/S \cong 7 \pm 3 \times 10^{-4}$ szinten módosította a napállandó értékét (Foukal, 1980).

A napállandónak a földfelszínről történő mérése bonyolult és a légköri extinkció miatt számos hibaforrást tartalmaz. A napállandó meghatározásának egyik legjelentősebb hibaforrását a spektrum rövid- és hosszúhullámú részein alkalmazott, ún. ultraibolya és infravörös korrekció jelenti, mivel az elnyelést okozó részecskék mennyisége, tér- és időbeli eloszlása nem mérhető közvetlenül a felszínről, így hatásukat nehezen és pontatlanul lehet megbecsülni. Az atmoszférikus áteresztőképesség változásáért felelős aeroszol részecskék időbeli eloszlása, mennyisége erősen, néha óráról-óra változik, emiatt hatásukat nehéz figyelembe venni. Az aeroszol nagy része lényegében a légkör legalsó, 1–2 km vastag rétegében helyezkedik el, ezért a sugárzás-méréseket célszerű magashegyi állomásokról végezni. 3 km felett már nem kell a légköri extinkció gyors változásától tartani.

Mivel a mai mérések alapján még nem tudjuk az atmoszférát jól modellezni és időfüggő tényezőit kiküszöbölni, a felszínről meghatározott napállandó értékek vizsgálatából nem lehet egzakt következtetéseket levonni. Ehhez arra lenne szükség, hogy a felszíni mérésekkel egyidejűleg meghatározzuk a légköri elnyelést és szórást okozó összetevők tér- és időbeli elhelyezkedését. További problémát okoz, hogy a mesterséges holdak által jelzett nagyobb változások a spektrum azon tartományaiban következnek be, ahol teljes a légköri elnyelés, közvetlen mérések hiányában ezeknek csak durva becslése adható meg. Így, a felszíni mérések alapján nem lehet bizonyítani, illetve elutasítani a napállandó változásának lehetőségét.

3. A napállandó mérése nagy magasságokban

Az atmoszférikus effektusokból származó hibaforrások kiküszöbölésére az 1960-as években megkezdték a ballonos és repülőgépes mérések mellett a napállandó rakétás méréseinek előkészítését is. Ezek a mérések lehetővé tették a légköri viszonyok közvetlen vizsgálatát. Az emelkedés és a repülés során egyidejűleg mérték a sugárzási fluxust és a meteorológiai paramétereket, amelyek alapján meg lehetett határozni a teljes sugárzási fluxus vertikális profilját.

Bár a nagy magasságban repülő ballonok és rakéták a légkörnek mintegy 99%-a felett mozognak, a fentmaradó 1% légtömeg szűrő hatása még szá-

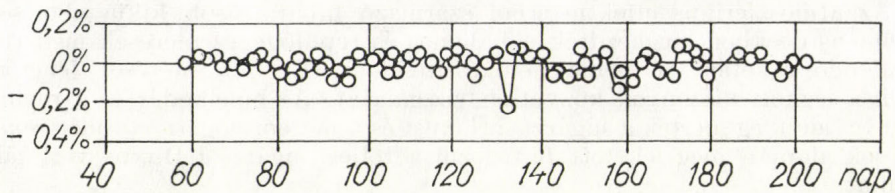
mottevő lehet. Ez részben a 300 nm alatti hullámhosszakon jelentős, s a kis koncentrációban jelenlevő ózonnak tulajdonítható, melyet főként a ballonos mérések esetében kell figyelembe venni. Némely esetben azonban — főként vulkánkitörések és nukleáris robbantások után — az aeroszol hatásától sem tekinthetünk el teljesen. A repülőgépes mérések pedig csak annyiban jelentenek előnyt a földfelszíni mérésekhez képest, hogy a vízpára mennyiségének mintegy 99,9%-a felett repülnek, így ennek a hatása elhanyagolható. További korlátozást jelent, hogy az érzékelő műszerekre a sugárzás vékony kvare- vagy üvegablakon keresztül jut, amelyek 4500 nm-nél élesen levágják a spektrumot, holott 4300 nm-nél még erős a CO₂-abszorpció. Ezen okok miatt a nagy magasságban végzett mérések is csak 300 és 4000 nm között fogadhatók el biztosan. A spektrum többi részén a felszíni méréseknél említett korrekciókat ugyanúgy el kell végezni, s ez az eljárás különböző napállandó értékekhez vezet. Míg pl. a ballonos mérések esetén 31 km magasságnál a mért sugárzásértékek között csak 0,11% az eltérés, addig az ezekből meghatározott napállandó értékek eltérése már meghaladja az 1%-ot!

A nagy magasságban végzett méréseknél egy további problémát jelent, hogy a mérések időszakosak és rövid időtartamot fednek le, s emiatt nem alkalmasak a napállandó változásának vizsgálatára. Ezeknek a méréseknek elsősorban „kiszegítő” szerepük van, a mesterséges holdakon elhelyezett műszerek kalibrációjára szolgálnak. Ennek értelmében a napállandó változásának meghatározásához mesterséges holdakról, hosszú időn keresztül, nagy pontossággal végzett homogén mérési sorozatok szükségesek.

4. A napállandó meghatározása mesterséges holdak mérési alapján

A napállandóra vonatkozó első, légtömbön túli mérési sorozatot 1969-ben, a Mariner-űrszondákról hajtották végre. A szondákról 150 napon keresztül végeztek méréseket, amelyek eredményei az 1. ábrán láthatók. A napállandó átlagértéke $1362 \pm 18 \text{ Wm}^{-2}$ volt. A mérések a napállandónak kicsi, 0,3%-nál kisebb változását jelezték, amely nem mutatott kapcsolatot a naptevékenységgel (Fröhlich, 1978). Mivel az űrszondákon elhelyezett műszerek érzékenysége lassan, de folytonosan változott, s az alkalmazott korrekciók nem voltak túl megbízhatók, a Mariner-szondák mérései nem alkalmasak a napállandó változásának vizsgálatára.

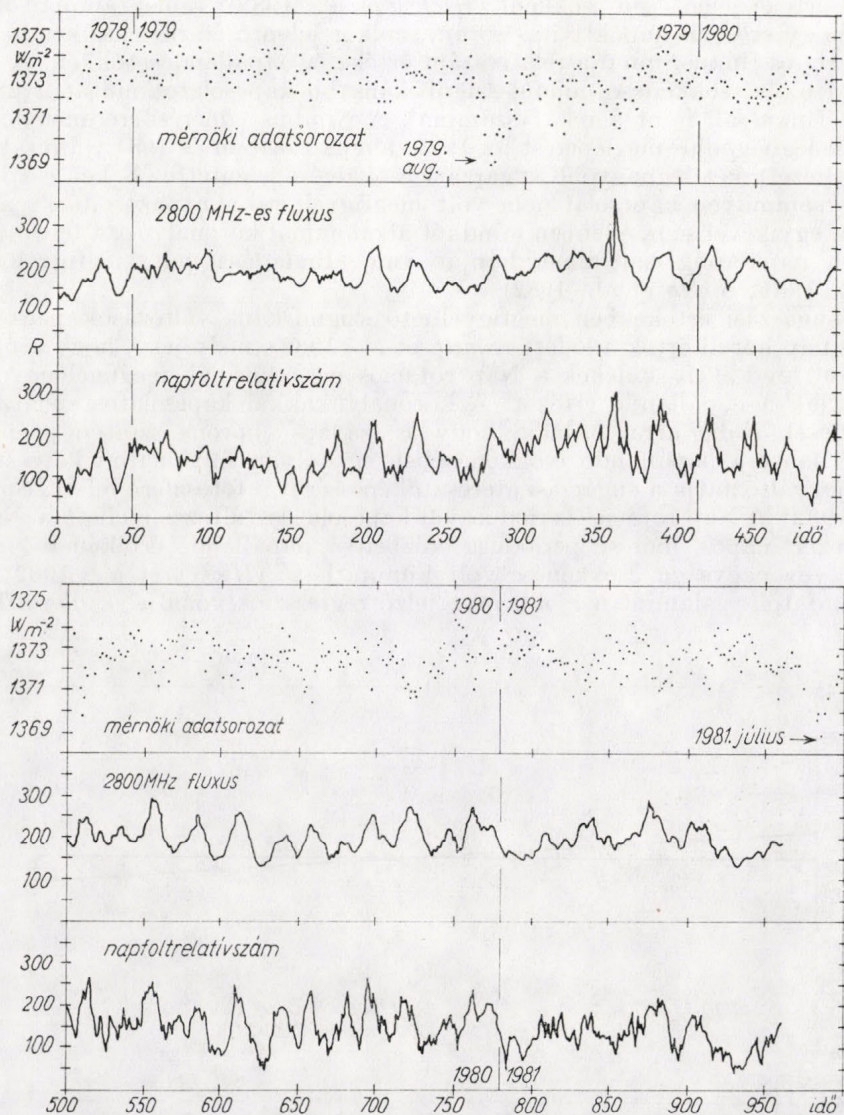
A napállandó folyamatos, mesterséges holdakról végzett méréseit 1975-ben kezdték meg a Nimbus-6, majd 1978-ban a Nimbus-7 fedélzetén. A Nimbus-6-on egy többszörös sugárzásmérőt alkalmaztak a napállandó és a Nap spektrális energiaeloszlásának a mérésére. Az első mérési sorozatok analízise arra mutatott, hogy a mért értékek kb. 1,5%-kal magasabbak voltak a valódinál (Kondratyev és Nyikolszkij, 1980). Az eltérés okát nem ismerjük, feltehetően a műszer földi kalibrációjánál használt referencia-forrás spektrális



1. ábra: A Mariner-űrszondák által 1969-ben mért sugárzásértékek a 150 napos mérési periódus alapján (Fröhlich, 1978. nyomán)

energiaeloszlása eltért a Napétól, s ez szisztematikus hibát okozhatott a mért értékekben.

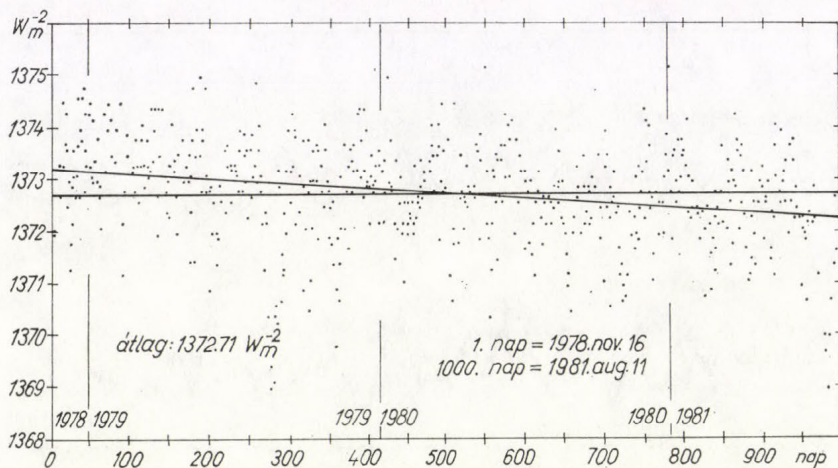
Ennek kiküszöbölésére a Nimbus-7 fedélzetén automatikus, önkalibráló műszert helyeztek el, melyet rakétás mérésekkel hitelesítettek. A Nimbus-7 mesterséges hold mérései 1978. november 16-án, erősödő naptevékenységi feltetelek mellett kezdődtek. Az 1978. november 16. és 1981. augusztus 11. közötti összes mérés átlagértéke $1372,71 \text{ Wm}^{-2}$, maximális értéke $1375,14 \text{ Wm}^{-2}$, minimális értéke pedig $1368,96 \text{ Wm}^{-2}$ volt. A mért napállandó értékek közötti maximális eltérés $6,18 \text{ Wm}^{-2}$, vagy $0,45\%$ volt (Hickey et al., 1982). Nimbus-7



2. ábra: A Nimbus-7 mesterséges hold által mért sugárzási fluxus összehasonlítása a 2800 MHz-en mért fluxussal és a Wolf-féle napfoltrelatív számmal (Hickey et al., 1982.), 1978. november 16. és 1981. augusztus 11. közötti, ezer napos mérési periódus során

ezer napot lefedő mérési eredményei a 2. ábrán láthatók, összehasonlítva a 2800 MHz-es fluxussal és a Wolf-féle napfoltrelatív számmal. Az ábra alapján érdekes kapcsolat tűnik szembe a Nap sugárzási fluxusa és a napaktivitási paraméterek között. Az ezer napos mérési periódus során a 2800 MHz-es fluxus értéke 29 esetben volt 200 egységnél nagyobb, mely időpontokban a relatív szám értékében egy kis diszkrét csúcs volt megfigyelhető. Ebből 19 esetben a napállandó csökkent, a fentmaradó 10 esetben pedig kismértékben növekedett. Azon esetekben viszont, amikor a 2800 MHz-es fluxus értéke 250 egységnél nagyobb volt és a relatív szám is éles maximumot mutatott, a napállandó értéke jelentősen csökkent (Hickey et al., 1982). Ennek alapján úgy tűnik, hogy erősebb napaktivitás során, amikor jelentősen növekszik mind a 2800 MHz-es fluxus, mind a relatív szám értéke, a napállandó csökken. A sugárzási fluxus csökkenése mindig szignifikánsabb kapcsolatot mutat a 2800 MHz-es fluxussal, mint a relatív számmal. A Nimbus-7 mérési eredményeinél az egyik legnagyobb meglepetést az 1979. augusztusában és 1981. júliusában bekövetkezett két legnagyobb sugárzási csökkenés jelentette. E két esetben ugyanis semmilyen kapcsolat nem volt megfigyelhető a napaktivitási paraméterek egyikével sem, ellenben mindkét alkalommal koronalyukak feltűnése, illetve a napkorong centrálmeridiánján való áthaladása volt megfigyelhető (Hickey, 1981; Smith et al., 1982).

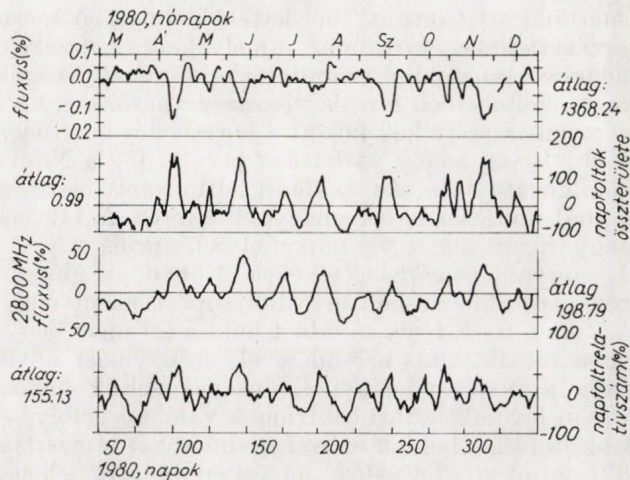
A sugárzási értékekben megfigyelhető szignifikáns változások periódusára 30 nap körüli érték adódott (Smith et al., 1982), mely jelzi, hogy a napkorongon levő aktív vidékek a Nap rotációs periódusának megfelelően módosíthatják a napállandó értékét. A koronalyukakkal kapcsolatos sugárzás-csökkenések pedig arra utalnak, hogy a „zavart” korona szintén jelentős tényező lehet a napállandó csökkenésében egy olyan folyamaton keresztül, mely megváltoztatja a sugárzási áteresztőképességet a fotoszféra felett (Smith et al., 1982). A Nap rotációs periódusával kapcsolatos változás mellett a Nimbus-7 ezer napos mérési periódusa közben a napállandó értékének lassú, $0,0255\%/év$ nagyságú csökkenése volt kimutatható (Hickey et al., 1982). A mérési adatok, valamint a csökkenést jelző regressziós vonal a 3. ábrán látható.



3. ábra: A Nimbus-7 ezernapos mérési periódusa közben mért értékek a napállandó csökkenését jelző regressziós vonallal 1. nap = 1978. nov. 16., 1000. nap = 1981. aug. 11. (Hickey et al., 1982.).

A Nimbus-7 mérései mellett 1980. februárjában kezdődött meg a *Solar Maximum Mission* (SMM) program, amelynek egyik fő feladata a napállandó és a klíma kapcsolatának megállapítása egy teljes, 22 éves mágneses cikluson keresztül. Az SMM/ACRIM műszere 3 darab ACR (*Activ Cavity Radiometer*) érzékelőt tartalmaz. Ezek közül a napállandó mérésére folyamatosan csak az egyiket használják, míg a másik kettő az előbbi keresztkalibrációjára szolgál. Ezzel a mérési eljárással 0,005%-nál jobb, belső mérési pontosságot lehetett fenttartani. 1980. májusában az ACRIM 3 érzékelőjét másik 2, rakétán elhelyezett, ugyanolyan érzékelővel hasonlították össze, s az öt műszer egyezése 0,05%-on belül volt (Willson, 1982a). Az SMM mérési eredményei jelenleg csak 1980. február és december között állnak rendelkezésre, mivel 1980 végén problémák léptek fel a mesterséges hold stabilizálásánál.

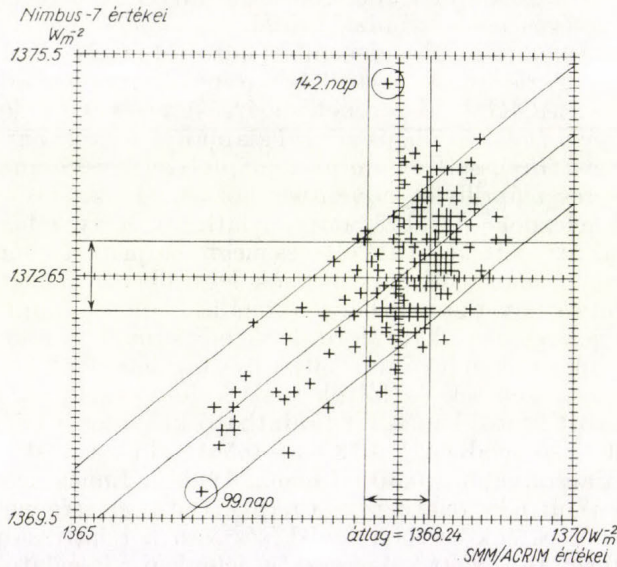
A napállandó átlagértéke 1980. február és december között $1368,24 \text{ Wm}^{-2}$ volt és a mérések egy $0,04\%/év$, szisztematikusan lefelé irányuló trendet mutattak (Willson, 1982a). Az SMM/ACRIM műszerének sugárzási jelzéseit a 4. ábrán láthatjuk, a *Solar Geophysical Data* katalógus adatai alapján számított napfoltterületekkel, a 2800 MHz-es fluxussal, valamint a napfoltrelatív számmal összehasonlítva. Az SMM mérései április és november között 11 kisebb és nagyobb sugárzáscsökkenést jeleznek. Az ábra alapján látható, hogy a legnagyobb csökkenések esetén az átlagértéktől való eltérés meghaladja a $0,1\%$ -ot, továbbá a sugárzásértékekben kiemelkedő maximumok legtöbbször közvetlenül a mélyedések előtt és után következnek be, maximálisan $0,08\%$ amplitúdóval. Az SMM sugárzási jelzéseiben akkor fordulnak elő a nagy csökkenések, amikor nagy volt a napkorongon levő napfoltok összterülete. Érdekes, hogy míg a nagy sugárzási csökkenések és foltok összterülete, valamint a 2800 MHz-en mért fluxus között szoros kapcsolat mutatható ki (a korrelációs koeficiens értéke a megfelelő sorrendben $-0,73$ és $-0,56$), addig a relatív számmal a korreláció jóval alacsonyabb $-0,36$ (Willson, 1982b). Ennek egyrészt az lehet az oka, hogy a Wolf-féle relatív száma napaktivitás erősségének csak egy empirikus jelzőszáma és sok esetben fáziskésés van a relatív szám értéke és a napfoltok összterülete között. Másrészt a jelenlegi vizsgálatok alapján úgy tűnik, hogy a napállandóban a legnagyobb csökkenések akkor következnek be, amikor a napkorongon gyorsan fejlődő, új napfoltcsoportok jelennek meg. A sugárzási csökkenések 24 nap körüli periódussal követik egy-



4. ábra: Az SMM 1980. február és december között mért napállandó értékei összehasonlítva a napfoltok összterületével, a 2800 MHz-es fluxussal és a relatív számmal (Willson, 1982.)

mást (Willson, 1982b), s a napaktivitási paraméterekkel való kapcsolat arra utal, hogy a Napon levő aktív tartományok a napfoltok által okozott sugárzási „deficit” és a fáklyák által okozott sugárzási „többlet” kombinációján keresztül módosítják a napállandó értékét (Willson et al., 1981).

Végül, de nem utolsósorban az 5. ábrán láthatjuk a két mesterséges hold mérési eredményeinek az összehasonlítását, a közös mérési periódus során. A Nimbus-7 és az SMM mérések átlagértékeinek az 1,0032 aránya jelzi, hogy a Nimbus-7 hold 0,32%-kal magasabb értékeket mért, mint az SMM. Az átlagértéktől való standard eltérés szintén magasabb volt a Nimbus-7 ($0,895 \text{ Wm}^{-2}$),



5. ábra : Az SMM és a Nimbus-7 mesterséges holdak mérési adatainak összehasonlítása 1980. február és december között (Hickey et al., 1982.)

mint az SMM ($0,617 \text{ Wm}^{-2}$) esetén (Hickey et al., 1982). Ezek az eltérések feltehetően arra vezethetők vissza, hogy a Nimbus-7 eredményei még nincsenek végső formában feldolgozva. A cikkben ismertetett következtetések az ún. „mérnöki adatsorozat”-ból lettek levonva. A mérnöki adatsorozat olyan sugárzásértékeket tartalmaz, amelyeket az érzékelő berendezés által jelzett sugárzási csúcsokból számítottak ki, tehát fizikailag nem a legjobb adatsorozat. Feltehetően erre is visszavezethető, hogy a két mesterséges hold által mért sugárzásértékek között a korrelációs koefficiens értéke csak 0,72 (Hickey et al., 1982), amely várhatóan javulni fog a Nimbus-7 eredményeinek precíz feldolgozása után. Az 5. ábrán feltüntetett összes adat között a 99. és a 142. napnál mutatkozik a legnagyobb eltérés. A 142. nap esetén erre még nincs magyarázat, míg a 99. napon (1980. április elején) mérte mindkét hold a legalacsonyabb sugárzásértékeket. Ebben az időpontban a napkorongon két, igen gyors fejlődésben levő foltcsoport jelent meg.

Az a tény, hogy mindkét hold által mért nagy sugárzáscsökkenések mindig a napaktivitás erősödésével, az egymást követő szignifikáns változások pedig a Nap rotációs periodusával voltak kapcsolatban, arra utal, hogy a Napon levő aktivitási centrumok valóban befolyásolják a napállandó értékét. A mesterséges holdak mérési eredményeit támasztja alá a Smithsonian Intézet több, mint 20 évet átfogó mérési eredményeinek statisztikai analízise is, mely

szerint a napállandó értékében $\Delta S/S \cong 7 \pm 3 \times 10^{-4}$ szintű, napos időskálájú változások voltak megfigyelhetők, a Nap mágneses aktivitásával kapcsolatban.

A napállandó lassú, de folyamatos csökkenését szintén jelzi mindkét hold mérési sorozata. Erről a változásról azonban ma még nehéz bármit is mondani, egyrészt a mérések kezdetétől eltelt idő túl rövid ahhoz, hogy el lehessen dönteni, vajon ez egy rövidebb, vagy pedig egy hosszabb távú változás része-e. Másrészt, mind a Nimbus-7 és mind az SMM hold által jelzett változások amplitúdói kicsik, a jelenlegi mérési hibahatár közelében vannak, emiatt nehezen elkülöníthetők a különböző műszereffektusoktól.

5. Összefoglalás

A Napra vonatkozó elméleti modellszámítások a napállandó kis amplitúdójú, néhány tized százalékos nagyságrendű változásának lehetőségét jelzik. E változások különböző időskálákon mehetnek végbe, s a jelenlegi klímamodellek arra mutatnak, hogy a napállandó kicsi, de folyamatos változásai klímamódosító hatásokat válthatnak ki. Ezen elméleti feltételezés kimutatására a napállandó hosszú távú, homogén és igen nagy pontosságú mérési adatsorozatára van szükség.

A napállandó meghatározásánál felmerülő kezdeti mérési és redukciós módszerek bizonytalansága után az űrkutatás és az abszolút radiometria fejlődésével a napállandó értékét ma már tized százalékos, esetenként pedig ennél nagyobb pontossággal tudjuk meghatározni. Mind az SMM és mind a Nimbus-7 mesterséges hold mérései arra utalnak, hogy a napállandó értéke lassú, néhány század-százalék/év nagyságrendű csökkenést mutat, amelyre a napállandónak egy, a Nap 27 napos rotációs periódusával kapcsolatos, tized-százalék nagyságrendű ingadozása rakódik rá.

Jelenlegi ismereteink alapján úgy tűnik, hogy az utóbbi, rövid időtartamú változás a Napon periódikusan megjelenő aktív vidékekkel van kapcsolatban, mégpedig a napfoltok által okozott sugárzási deficit és a fáklyák által okozott sugárzási többlet kombinációján keresztül. Feltételezhető, hogy a napállandó változását egyéb napaktivitási jelenségek – mint pl. a flerek és a koronalyukak – is befolyásolhatják. A mesterséges holdak által jelzett rövid időtartamú változások lehetőségét támasztja alá a Smithsonian Intézet több, mint 20 évet átfogó mérési anyagának statisztikus analízise, mely a napállandó alacsony szintű változását jelzi, a Nap mágneses aktivitásával kapcsolatban. Az a tény, hogy a napállandónak a Napon megfigyelhető aktivitási centrumokkal kapcsolatos változásait egymástól független mérésekkel mutatták ki, a változás valódiságára utal. Ennek megfelelően az egyik legfontosabb jövőbeni feladat annak a mechanizmusnak a feltárása és fizikai értelmezése, mely a napállandónak ezt a kis amplitúdójú változását okozza.

A Nap sugárzási fluxusának említett lassú csökkenése az előbbinél jóval nehezebb probléma elé állítja a kutatókat. Ennek egyrészt az az oka, hogy a jelenleg rendelkezésre álló mérési adatsorozatok rövidege miatt még nem lehet eldönteni, hogy ez a csökkenés folyamatos lesz-e, vagy pedig egy rövidebb, illetve hosszabb periódusú változás része-e. Másrészt e változás amplitúdója igen kicsi, a legmodernebb, igen nagy stabilitású műszerek mérési hibahatára közelében van, s emiatt nehezen különíthető el a különböző műszereffektusoktól. További nehézséget jelent, hogy a spektrum rövid hullámhosszú részein, – ahol a jelentős változások előfordulnak – nem áll rendelkezésünkre

megfelelő referencia standard, valamint nem tudjuk, hogy a mesterséges holdakon, hosszabb időszakon keresztül folytatott mérések során nem változik-e a műszerkalibráció. E kérdések eldöntéséhez növelni kell a mérési pontosságot és gondoskodni kell a műszerkalibráció folyamatos ellenőrzéséről. Ezen a téren sokat várunk az űrrepülőgép (*Space Shuttle*) programtól. Annak keretében a repülőgépen elhelyezett űrlaboratórium (*Spacelab*) STS/ACRIM nűszer mérni fogja a Nap spektrális energiaeloszlását és a teljes sugárzási energia értékét. A tervek szerint ez a program fogja a rakétás kalibrációs mérési folyamatokat felváltani.

A napállandó változásainak pontos nagyságáról, periódusairól csak akkor tudunk végső következtetéseket levonni, ha majd rendelkezésünkre áll egy teljes, 22 éves mágneses ciklust lefedő, igen nagy pontosságú, direkt és homogén mérési sorozat.

IRODALOM

- Dearborn, D. and Newman, H., 1978: Efficiency of convection and time variation of the solar constant. *Science* 207, 150–151.
- Eddy, J. A., 1977: Climate and the changing Sun. *Climatic Change* 1, 173–190.
- Foukal, P., 1980: Solar luminosity variation on short time scales, observational evidence and basic mechanism. *Atm. and Envir. Res. Inc.*, Colorado, 1–24.
- Fröhlich, C., 1978: Contemporary measures of the solar constant. In *Solar output and its variations* (Ed.: White, O.R.), Colorado Press, 93–109.
- Gough, D. O., 1981: Solar interior structure and luminosity variations. *Solar Physics* 74, 21–34.
- Hickey, J. R., 1981: Review of solar irradiance measurements from Nimbus-6 and 7. *Pyrheliometer comparisons 1980. Results and symposium Working report No. 94*. Swiss. Met. Inst. Davos and Zürich, 17–19.
- Hickey, J. R., Alton, B. M., Griffin, F. J., Jackbowitz, H., Pellegrino and P.-Smith, E. A., 1982: Observations of the solar constant and its variations emphasis on Nimbus-7 results. A collection of extended abstracts presented at *The symposium on the solar constant and the spectral distribution of solar irradiance*, IAMAP Third Scientific Assembly 17–28 August 1981., Hamburg FRG, Boulder, Colorado, USA 10–17.
- Kondratyev, K. J. and Nyikolszkij, A. G., 1980: Szolnyecsnaja posztojannaja. *Gidr. Vűp.* 4, 1–52.
- Smith, E. A., Hickey, J. R. and Vonder Haar, T. H., 1982: The nature of the short period fluctuations in solar irradiance observed by Nimbus-7 satellite. A collection of extended abstracts presented at *The symposium on the solar constant and the spectral distribution of solar irradiance*, IAMAP Third Scientific Assembly 17–28 August 1981., Hamburg FRG, Boulder, Colorado, USA, 18–28.
- Sofia, S., O'Keefe, J., Lesh, J. R. and Endai, A. S., 1979: Solar constant: Constraints on possible variations derived from solar diameter measurements. *Science* 204, 306–308.
- Willson, R. C., Gulkis, S., Janssen, M., Hudson, H. S. and Chapman, G. A., 1981: Observations of solar irradiance variability *Science*, 211., 700–702.
- Willson, R. C., 1982a: Observation of total solar irradiance variation in ballon, rocket and satellite experiments. A collection of extended abstracts presented at *The symposium on the solar constant and the spectral distribution of solar irradiance*, IAMAP Third Scientific Assembly 17–28. August 1981., Hamburg FRG, Boulder, Colorado, USA 3–9.
- Willson, R. C., 1982b: Solar irradiance variations and solar activity. *Journal of Geophysical Research* 87, 4319–4326.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 87. évf. 2. szám. 1983. március – április
Journal of the Hungarian Meteorological Service. Vol. 87. No. 2. March – Apr 1983. Budapest

Meteorológiai tevékenység a nemzetközi geofizikai együttműködés keretében*

BÉLL BÉLA, Országos Meteorológiai Szolgálat H-1525 Budapest, Pf. 38.

The meteorological activities during the international geophysical cooperations. A review is given concerning the meteorological programme and the participation of Hungarian meteorologists in various events of the international cooperations during the Polar Years and the International Geophysical Year. The most important success of these cooperative Years in meteorological aspects are the subsequent joint international projects such as COSPAR, SCOR, SCAR, GARP (ALPEX, FGGE) and WCP.

✱

Meteorológiai tevékenység a nemzetközi geofizikai együttműködés keretében. Jelen tanulmány áttekintést ad a nemzetközi együttműködések meteorológiai programjáról és ezekben a magyar meteorológusok részvételéről, valamint a Poláris Évek és a Nemzetközi Geofizikai Év eredményeiről. A meteorológia szempontjából a legfontosabb eredményként értékelhető a Nemzetközi Geofizikai Évet követő különböző tudományos programok megszervezése, amelyekre ösztönzést az ismertetett 3 nemzetközi együttműködés adott.

✱

Előzmények. A meteorológiai kutatások geofizikai jelentőségét jól kifejezi az a tény, hogy mind a Nemzetközi Poláris Évek, mind a Nemzetközi Geofizikai Év programjának jelentékeny részét *léggöri folyamatok* megfigyelése, ill. mérése képezte.

A meteorológiai kutatások alapvető feltétele: a feladat megszabta, „effektív” térséget átfogó, egységes módszerek alapján működő, elegendő sűrű észlelőhálózat.

Az *effektív térség* határait az időjárási folyamatokat meghatározó *léggöri objektumok* (ciklonok, frontok stb.) kiterjedése jelöli ki. Miután ennek vízszintes méretei általában 1000 km, függőleges méretei pedig 10 km nagyságrendűek, azért a hálózat megszervezése nemzetközi együttműködést és magasléggöri (aerológiai) méréseket kíván.

A meteorológiai kutatásoknak ez az igénye nyilvánvalóvá vált már az „instrumentális” meteorológia első évszázadában, a XVII. század közepén, de valójában csak a XX. században valósult meg. A közben eltelt 200 év próbálkozásai között megemlíthetők a firenzei *Accademia del Cimento* (XVII. sz.) és a mannheimi *Societas Meteorologica Palatina* (XVIII. sz.) aránylag rövid ideig fennmaradt hálózatai.

Ezt követőleg a XIX. század közepén egymás után alakultak nemzeti, sőt nemzetközi hálózatok. *Magyarországon* 1870-ben létesült nemzeti észlelőhálózat, de sem ez, sem a külföldi állomásokkal behálózott területek nem elégtették ki az általunk *effektívnek* jelölt térség kritériumait. Különösen hiányzott az Atlanti-óceán fölötti légtömegek, valamint a sarki térségben erősen lehűlt levegő információs anyaga.

A *Nemzetközi Meteorológiai Szervezet (IMO)*, a mai *Meteorológiai Világszervezet (WMO)* elődje, a múlt század 80-as éveiben megkezdte ugyan az észlelések egységesítésére irányuló munkáját, de az egész Földre kiterjedő *Világhálózat* megvalósulása akkor még csak távoli vágyalom volt.

Az elmúlt 100 év során a komplex földtudomány (*geonómia*) és ebben a meteorológia szemléletében olyan jelentős változások következtek be, hogy ezek kimerítik a földtudományi „*korszakváltás*” ismérveit. Ezen szemléletváltozás következményeként a földtu-

*Az MTA 1983. február 15-i tudományos ülésén elhangzott előadás.

dományok legfontosabb feladata a Földről szerzett ismeretek, azaz valamennyi földtudomány *szintézise* lett (a földtudományok *egyetemessége*).

Ez a szintézis egyrészt a kutatás tárgyára, a Földre irányul, lévén a geoszféráira elkülönülő Föld valójában fizikai egység, amelyben a földi jelenségek interpretálásakor a geoszféra kölcsönhatásával számolni kell. Ez a Föld egészére kiterjedő kutatási igény jelenti a földtudományok *globális* szemléletét. Másrészt a geoszféráival fizikai egységet alkotó *Föld bolygó* nem zárt rendszer, hanem különböző extraterresztrikus hatásoknak (elsősorban a Naprendszerből eredő kényszereknek) van kitéve. A geonómiának ebben a „*planetáris*” szemléletében Földünk, mint a Naprendszer egyik bolygója jelenik meg, amelynek *föld – hidroszféra – atmoszféra* rendszerében a geoszféra közötti anyag- és energiacsere extraterresztrikus effektusok, mint külső kényszerek befolyásolják (a meteorológia kapcsolata a napfizikával).

1982 és 1983 a földtudományok tekintetében több tudománytörténeti szakasz kezdetének évfordulóját rejti magában. 100 évvel ezelőtt, 1882-ben kezdődött az *Első Nemzetközi Poláris Év (IPY)*, ezt 50 évvel ezelőtt követte a második, majd 25 évvel ezelőtt (1957-ben) kezdődött a *Nemzetközi Geofizikai Év (IGY)*. A következőkben látni fogjuk, hogy a földtudományok *globális* szemlélete hívta életre a poláris éveket, a *planetáris* szemlélet pedig a Nemzetközi Geofizikai Év és az ezt követő számos földtudományi együttműködés megszervezésére vezetett.

Az Első Nemzetközi Poláris Év (1882 – 1883)

Az újkorban, *Kopernikusz*, *Galilei* és *Newton*, valamint követőiknek asztro- és geofizikai felfedezései után a földtudományok leglátványosabb eredményei a nagy földrajzi felfedezésekre, elsősorban a leíró földrajz területére korlátozódtak. A földfelület fehér foltjai a XIX. század végén – a nehezen megközelíthető sarki térségek és a mély tengeri árkok kivételével – lényegében eltűntek.

Az *Arktisz* iránti érdeklődést valójában a tengeri kereskedelem XVI. századi fejlődése és igényei ébresztették fel. Fölfedezésének története a veszélyes sarki expedíciók gyakran halálosan végződött tragédiáinak sorozatát tárja elénk; földtudományi programjuk, eredményük általában nem volt, a sarki térség a földtudományok fehér foltja maradt.

Ennek a hiányosságnak *G. v. Neumayer* professzor, a tengerészeti meteorológiában úttörő Német Tengeri Szolgálat (*Deutsche Seewarte*) igazgatója az 1874 februárjában Berlinben tartott előadásán adott hangot, amikor javasolta, hogy a mágneses- és a sarkifény-jelenségek legközelebbi, maximális intenzitású időszakában (1881 – 1882) minden művelt nemzet törekedjék arra, hogy a poláris régiók szívében létesítendő obszervatóriumokban Földünk fizikájának megismerése érdekében munkálkodjék.

A szárványos expedíciók sorából az 1872 – 74 közötti *osztrák – magyar sarki expedíciót* ki kell emelnünk. Itt kapott ugyanis az expedíció vezetője, a német származású *Karl Weyprecht* sorhajóhadnagy olyan indítékot az arktikus mérőhálózat propagálására, hogy ez az akuttá váló kérdés a holtpontról egyszerűen kimozdította. Szerinte a költséges és veszélyes sarki expedíciók célja ne pusztán a földrajzi felfedezés és ismeretlen földek birtokbavétele legyen, hanem az északi-sarki utazásokat a Sarkvidék különleges geofizikai sajátosságainak, különösen az időjárás, a földmágnesség, a sarkifény és a földi áramok megfigyelésére és megismerésére kellene felhasználni.

Mínt hogy a Sarkvidék, mint a vándorló légtömegek „*jégszekrénye*” döntő jelentőségű, de kevéssé ismert volt az akkor még gyermekeipőben járó időjárás-előrejelzés számára, érthető, hogy a meteorológusok gárdájából kerültek ki *Weyprecht* leglelkesebb hívei. Ennek és *Weyprecht* lelkes propaganda-munkájának köszönhető, hogy 1881. augusztusában már 12 ország jelentette be részvételét a nemzetközi együttműködésben. Ezen országok között volt *Ausztria – Magyarország* is.

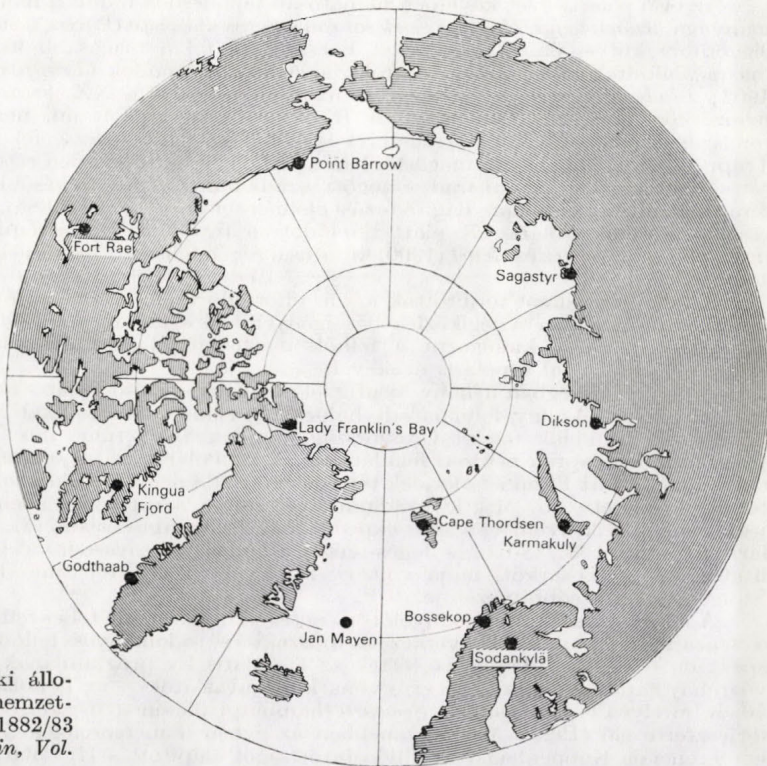
Ez idő tájt az Északi-sarkvidék 12, a Déli-sarkvidék 2 állomásán már folytak földmágneses és rendszeres meteorológiai észlelések (felhőzet, szél, hőmérséklet, nedvesség, légnyomás stb.). Néhány állomáson már a magasabb légrétegekben is, műszerekkel felszerelt *meteorológiai sárkányokkal* végeztek méréseket.

Az *Első Nemzetközi Poláris Év állomáshálózatának* szervezése nemzeti bázison történt. Az észlelést a meteorológiai szolgálatok, intézetek, a katonai szervek és a tengerhajózás biztosították. A személyzet az észlelőkön kívül tudósbokból, katonákból, műszakiakból állt, de alkalmanként helybeli önkéntesek (eszakimók), halászok, vadászok is hasznosan egészítették ki az állandó személyzetet. Ebből is látható, hogy az állomások munkája, elfoglaltsága *expedíció-jellegű* volt. Az eredetileg állandó helyre tervezett hajókat a *mozgó jég* időnként tovasodorta. A mostoha körülmények és a primitív felszerelés miatt kapcsolatuk a nemzeti bázissal és egymással rádió híján alig volt. Így az állomá-

sok fenntartása a személyzettől áldozatos munkát, több esetben emberáldozatot is követelt.

Egyébként az állomások meglehetősen egyenletes eloszlású hálózatot alkottak a sarki térségben, a hálózat azonban a kitűzött feladatok megoldására *ritka* volt (az Északi-sarkvidéken, 10 millió km² területen mindössze 12, az Antarktiszon pedig mindössze 2 állomás volt. Az Arktiszon a legdélibb állomás (a kanadai *Fort Rae*) a 64°N szélességen, a legészakibb pedig (*Lady Franklin-öböl*) a 82°N szélességen feküdt (1. ábra).

Az osztrák – magyar állomás személyzete a *Pola* nevű vitorláhajón a norvég partok mentén *Tromsö*-ig haladt, majd a Jeges-tengeren átvágyva *Jan Mayen*-szigeten 1882. július 14-én kihajóztak. Itt arra is mód volt, hogy a meteorológiai és a csillagászati műszereket külön házakban helyezték el.



1. ábra: Észak-sarki állomáshálózat az első nemzetközi poláris évben, 1882/83-ban (*WMO Bulletin, Vol. 31, 1982*)

A mért és a megfigyelt adatokat az egyes nemzetek maguk publikálták. Általában az adatok 1–2 kötet terjedelemben jelentek meg, de az osztrák és a francia eredmények 7–9 kötetet is megtöltöttek, kibővítve az expedíció történetével. Angol és német meteorológiai kutatócsoportok megkísérelték *szinoptikus* időjárás térképek szerkesztését, de a ritka állomáshálózat miatt szerkesztésükben sok szubjektív megítélés, spekuláció is szerepet kapott. Mindenesetre akkoriban ezek a lehető legjobbak voltak.

A mágneses mérésekkel szimultán végezett *sarki fény* megfigyelések kimutatták, hogy a mágneses tér háborgásai és a sarki fény intenzitásának változásai között szoros kapcsolat van. A sarki fény legmagasabb sugarainak magassági szintjét a bázisvonalak nem kielégítő hossza s rádió híján a kapcsolat hiánya miatt (fontos volt a mérések egyidejűsége) nem sikerült kielégítő pontossággal meghatározni. A sarki fény elemzéséhez nem volt még eléggé fejlett a *spektroszkópia* és a *fotogrammetria*. Ez is, a többi megoldatlan kérdéssel együtt, a későbbi, fejlettebb technikával felszerelt együttműködésre várt.

Az Első Nemzetközi Poláris Év eredményeit értékelve megállapíthatjuk, hogy a szervezés gondos, végrehajtás a kezdetleges felszerelés, a ritka állomáshálózat és a mostoha körülmények miatt inkább *hősies vállalkozás*, mint a kitűzött célok elérésére *kielégítő*

együttműködés volt. Mindenesetre az első koordinált nemzetközi mérésorozatok minden elismerést megérdemelnek; a meteorológiai mérésorozatok a Sarkvidék több pontján a helyi éghajlat még nem ismert adatait szolgáltatták. Az expedíciók legfőbb értéke abban rejlik, hogy felismerték a tényt: a poláris térség különleges meteorológiai jellegzetességeinek megismerésére állandó jellegű, elegendő sűrűségű hálózat koordinált, szimultán munkájára van szükség.

Ez a felismerés vezetett az Első Nemzetközi Poláris Évet követő, Bécsben tartott záró konferencia azon ajánlásához, amely a poláris évek 50 évenkénti megismétlését javasolta.

A Második Nemzetközi Poláris Év (1932—1933)

Az első poláris évet követően hamarosan fejlődésnek indult a meteorológia új tudományága, az aerológia. Hermite és Besancon sikeres kísérlete (Párizs, 1893) után, amikor is léggömbre kötve, önró műszereket bocsátottak fel a magasabb légrétegekbe, egyre-másra alakultak világszerte az aerológiai obszervatóriumok (Trappes, 1896; Pavlovsk, 1902; Lindenberg, 1905). Ezekben és más állomásokon a XX. század elejétől kezdve nemzetközi szervezet (Aeronautikai Bizottság) által kijelölt ún. nemzetközi napokon rendszeresen bocsátottak fel műszeres léggömböket. Így fedezte fel Teisserenc de Bort Trappes-ban (1902) 11 km magasságban a légkör addig ismeretlen rétegét, a sztratoszférát. Jelentőségében nem maradt emögött a rádióhullámok útján később megtalált ionoszféra, valamint az éjszakai világító (ezüst) felhők feltűnése (Jesse, 1885), amelyekre ugyancsak a Második Poláris Év alatt terelődött a figyelem. Új diszciplinaként lépett fel ugyanakkor az Elster és Geitel (1900) kutatásai révén felismert légköri elektromosság széles témája.

Különös figyelmet fordítottak a századforduló táján a felhőzet formáinak, átalakulásainak (feltehetően a légiközlekedés igényeit előre látva). Az 1896/97-ben rendezett Nemzetközi Felhőv kidolgozta a felhők morfológiáját, osztályozását, jelentőségében azonban nem ért fel a poláris évekével.

A poláris térségben néhány megfigyelő állomás az Első Poláris Év után is folytatta az észleléseket. Az így fennmaradt hálózat speciális expedíciókkal és új állomásokkal bővült. Az utóbbiak főként Oroszország, majd a Szovjetunió intenzív sarki kutatási programjában kaptak nemzeti feladatokat. A II. Poláris Év idején már 115 szovjet állomás működött az Északi-sarkvidék térségében. Ezt a nemzeti hálózatot 10-nél több kutatóhajó egészítette ki. Megfigyelőállomás létesült a sarki medencében tovasodró, úszó jégtáblán. Egyik ilyen, vándorló expedíciónak (Papanyin-expedíció), amelyik a II. Poláris Év után, 1937/38-ban, a Jeges-tenger áramlásával tovasodró jégtáblán megközelítette az Északi-sarkot, tagja volt E. K. Fedorov, a Szovjetunió Hidrometeorológiai Szolgálatának későbbi vezetője.

A felsorolt s a földtudományok történetében távolról sem teljes felfedezések, valamint a századforduló után bekövetkezett műszaki és tudományos fejlődés (rádiótechnika, spektrometria stb.) időszerűvé tették az I. Poláris Év programjának magasabb szinten végrehajtható folytatását. Az erre vonatkozó javaslatot — az I. Poláris Év kezdete óta 50 év elteltével — a Deutsche Seewarte hamburgi ülésén J. Georgi, neves légkörfizikus terjesztette elő (1929). Még ugyanebben az évben a meteorológiai intézetek igazgatói konferenciája Koppenhágában külön bizottságot alapított a II. Poláris Év szervezésére, s ez az 1930. évi leningrádi ülésén az 1932. augusztus 1. napját követő 13 hónapot jelölte ki az együttműködésre. Megállapították ott ennek meteorológiai programját is. Ez a program teljessé vált, amikor a Nemzetközi Geodéziai és Geofizikai Unió (IUGG) a földtudományokat jórészt képviselő asszociációival szintén állást foglalt a II. Poláris Év megrendezésére mellett (Stockholm, 1930).

Végül is a program a poláris térség meteorológiai és földmágnességi jellegzetességeire irányult (akkoriban a két tudományterület szervezetenként is kapcsolatban volt pl. Dániában. Ausztriában és Magyarországon is). A programot mindenesetre fejlettebb eszközökkel és sűrűbb állomáshálózattal, az egész Földre kiterjedő, globális igénnyel tervezték végrehajtani.

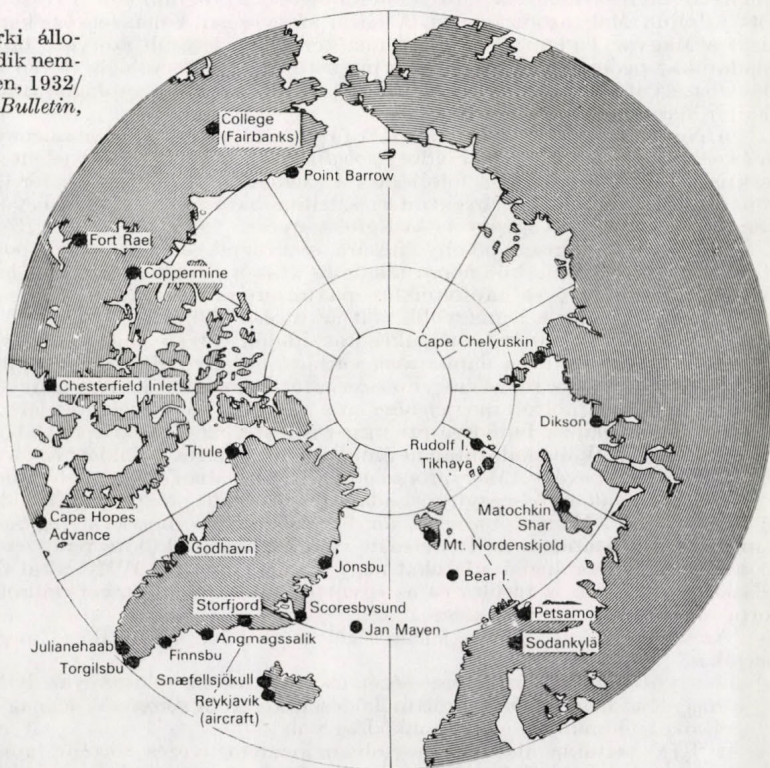
A meteorológiai program az I. Poláris Évéhez képest a magasabb légrétegek kutatásával bővült. 1930-ban P. A. Molcsanov bemutatta rádiószondáját, amely Duckert, valamint Bureau által szerkesztett német, ill. francia rádiószondákkal együtt lehetővé tette a műszeres léggömbök felváltását a mérés közben jelző, rádióadóval ellátott műszerekkel. A sarki térségben a sugárzásméréseket (direkt és diffúz sugárzás, a felszín hosszúhullámú kisugárzása, a levegő homályossági együtthatója) és a látástávolság rendszeres mérését is tervezték. Ugyancsak többletet jelentettek a Nemzetközi Felhőv után alakult Felhőtanulmányi Bizottság instrukciói alapján tervezett napi 4-szer végre-

hajtandó felhőmegfigyelések (forma, magasság, vastagság, optikai tűnemények a felhőkön) továbbá a sarki fény szerkezetének, sugarai magasságának mérése.

Az együttműködéshez csatlakozott a Nemzetközi Uniók Tudományos Tanácsának (ICSU) szervezete, a *Rádiótudományok Nemzetközi Uniója* (URSI) is, amely E. V. Appleton professzor (a róla elnevezett ionosféra-réteg felfedezője) vezetésével az *ionosféra* témáit csatolta a II. Poláris Év Programjához.

Sajnos, a harmincas évek gazdasági világválsága, majd a II. világháború a munkaterv végrehajtását jelentősen korlátozta. Ennek tudható be, hogy Magyarország részvétele is nagyon szerény volt a gazdag meteorológiai programban. Az aerológiai mérésekre kijelölt ún. nemzetközi világnapokon (ez a rendszer a Nemzetközi Geofizikai Év keretében teljesedett ki) végeztek Budapest akkori repülőterén műszeres ballon-fel-

2. ábra: Észak-sarki állomáshálózat a második nemzetközi poláris évben, 1932/33-ban (*WMO Bulletin, Vol. 31, 1982*)



szállásokat: a 13 hónap alatt mindössze 18-at (a javasolt 36 helyett), továbbá egy teodolittal követett pilot-méréseket a magassági szél meghatározására Budapesten és a Debreceni Egyetem Földrajzi Intézetében. A hazai programot napi háromszori felhőmegfigyelés egészítette ki.

A válság ellenére a résztvételt bejelentett 44 állam és a sarki térség 27 állomása (2. ábra) végrehajtotta a mérési programot, de az adatok publikálása – a szovjet anyag kivételével – sok akadályba ütközött. A II. világháború következtében ugyanis a nemzetközi anyag egy része, így a meteorológiai észlelések és a térképes feldolgozások (Deutsche Seewarte) anyaga is elveszett.

Meg kell állapítanunk, hogy a II. Poláris Év erőfeszítéseit – legalábbis, meteorológiai téren – nem kísérte a remélt siker. A kitűzött feladatok teljesítése a következő, békésebb időben megrendezendő együttműködésre várt.

Nemzetközi Geofizikai Év (1957–1958)

A II. világháború után magához tért tudományos kutatás hamarosan túllépett kapcsolataiban az országhatárokon és megkezdte a szétzilált nemzetközi együttműködés újjáélesztését. 1946–48 között sorra megalakultak a különböző nemzetközi szervezetek,

köztük a *Meteorológiai Világszervezet (WMO)*, az IUGG, az URSI, az ICSU stb. A III. Nemzetközi Poláris Év iránti igény is sürgetőbben jelentkezett, mint ahogyan azt a második befejeztével javasolták.

Különösen a háború után nagy lendülettel fejlődő rádiótudományok igényelték az egyre jelentősebb ionoszféra-kutatásokat. Érthető tehát, hogy az URSI sürgette leginkább a poláris évek együttműködésének felújítását szélesebb, globális méretekben, különösen a Nap földi hatásainak témakörében.

Végül is az URSI javaslatára a szervezés feladatát az ICSU vette át és 1950-ben létrehozta a *Nemzetközi Geofizikai Év* speciális szervező bizottságát (CSAGI), amelyben az IUGG, az URSI, majd a Meteorológiai Világszervezet vett részt.

Hamarosan 67 állam (az akkori országok nagy többsége), 30 tudományos akadémia jelentette be részvételét az előzetesen kidolgozott programban. A résztvevő országok között találjuk Magyarországot is. A hazai szervezést, a nemzetközi kapcsolatok biztosítását a Magyar Tudományos Akadémia keretében létesült szervező bizottság végezte, a feladatokat pedig több tudományos intézetünk, a meteorológia terén az akkori Aerológiai Observatórium (a mai KLFÉ elődje), az Országos Meteorológiai Intézet (a mai OMSZ elődje) keretében vállalta.

A Nemzetközi Geofizikai Év (IGY) programja kiterjedt valamennyi földtudományra (*egyetemesség*) és az egész Földre (*globalitás*). Programbővítést jelentett ugyanis az Antarktisz, a Világtenger és a felsőlégkör s ezeken túl a bolygóközi tér (Naprendszer) bevonása a programba. Így az extraterresztrikus hatások témájának bevonásával a földtudományok planetáris igénye is kielégítést nyert.

Az utóbbi program lebonyolítására szervezték az ún. világnapok rendszerét. Az IGY időszaka ugyanis különösen alkalmas volt a napaktivitás földi hatásainak vizsgálatára, mivel a 11 éves napfoltciklus maximumára esett. (A ténylegesen észlelt – kb. 200 – napfoltszám, a legnagyobb volt az utolsó 200 évben.) Az IGY rendkívüli világnapjain, szokatlan intenzív napaktivitás idején, olyan sűrűségben végeztek speciális méréseket, hogy ezáltal a naphatások várható érvényesülése megállapítható legyen.

A Napot ezért a magashegyi obszervatóriumokban állandóan figyelemmel kísérték. Amennyiben a napfoltok megjelenése erős napaktivitás közeledtét jelezte, s a napfelület vizuális jelenségeinek fejlődése ezt megerősítette, az IGY központjából közzétett felhívás (ALERT) a WMO hálózatán át órákon belül bejárta a Földet. Ezt a feladatot, a rádió segítségét igénybevéve, Magyarországon (de általában is) a meteorológusok látták el.

Az országoként összegyűjtött adatanyagot 2 világközpont (Washington és Moszkva) gyűjtötte össze. Magyarország az ún. eurázsiai régió moszkvai regionális központjából kapta a tájékoztatást s az itt létesült világközpontba küldte rendszeresen mérési eredményeit. A meteorológiai adatokat nagy számuk miatt a WMO által Genfben létesített adatközpont külön is tárolta és az együttműködés befejeztével mikrokártyákon bocsátotta az igénylők rendelkezésére.

Az IGY eredményeit és jelentőségét mérlegelve a következő megállapításokat tehetjük:

- Az együttműködés egyetemességét és globalitását tekintve az IGY messze túlnőtt a megelőző nemzetközi együttműködések keretein s korának legnagyobb mérvű nemzetközi tudományos együttműködése volt.
- Az IGY tartama alatt számos olyan kezdeményezés történt, amelynek következményei „korszakváltást” jelentettek a földtudományokban s ezen belül a meteorológiában. Ezek:
 - *A mesterséges holdak felbocsátása* (I. Szputnyik, 1957. Explorer I., 1958). Ezzel megkezdődött az űrkutatás.
 - *A meteorológiai rakéták felbocsátása*. Ezzel megdőlt minden addigi magassági rekord a légkörkutatásban, mivel a műszerekkel felszerelt rakéták eljutottak a bolygóközi térbe.
 - Az IGY programja kiterjedt a Déli-sarkvidékre. Az így telepített állomások 1959 után is folytatták programjukat. A szovjet délsarki expedíciókban felváltva 1–1 éven át magyar meteorológusok (*Titkos Ervin, Hirling György, Barát József és Vissy Károly*) is részt vettek.
- A műholdakkal és a rakétákkal felfedezték a *Van Allen*-ről elnevezett „sugárzási öveket”, amelyek később „magnetoszféra” néven a felsőlégkör kutatásának (*aeronomia*) tárgyává váltak.
- Az *első tudományos atomrobbantás* (ARGUS-kísérlet, 1958) során a 400–500 km magas légrétegből kiindulva mesterséges sarkifényt, ionoszféra-változásokat lehetett előidézni. Ezek a felsőlégkörben 1 év múlva is észlelhetők voltak, ami a radioaktív szennyeződés felsőlégköri fennmaradása szempontjából a kísérleti robbantások vesélyeire utal.

- A globális meteorológiai észlelések alapján megkíséreltek feleletet kapni az *általános légköri cirkuláció* energetikai kérdéseire, nevezetesen azokra a transzformációs folyamatokra, amelyek során a napsugárzás energiája a légkör potenciális energiakészletét feltöltve a szélrendszerek kinetikai energiaszükségletét fedezi, majd sűrűlódási hővé alakulva *disszipálódik*. (Alapvető és ma sem tisztázott kérdés az is, hogy a lényegében zónális *permanens* szélrendszerek útján miként kompenzálja a trópusi övek *hőfűlösege* a poláris térségek *hőhiányát*.) Végül feleltre vár az a kérdés is, hogy a *permanens* szélrendszerek és a *Földtest* közötti *impulzusmomentum-csere* milyen folyamatok kíséretében megy végbe s ebben milyen szerepet játszik az IGY alatt sokat kutattott szubtrópusi futóáramlás (*jet stream*). A futóáramlás lehet a lebonyolítója a tropopauzával termodinamikailag lezárt troposzféra és a sztratoszféra között feltételezett levegőcserének. Ez a folyamat a jeien *atomkor* fontos kérdése, amely matematikussá teszi az *atomhulladék* sztratoszférikus elhelyezhetőségét.
- Végül a jelen korba átnyúló kutatásoknak ösztönzői lehetnek a szoláris-, teresztrikus kapcsolatok témájában az IGY alatt végzett megfigyelések is.

A napaktivitás és a légköri jelenségek (időjárás) közötti kapcsolatokkal az elmúlt 100 év alatt számos tanulmány és konferencia foglalkozott. Legtöbbnyire a *11 éves napfoltciklus* és különböző *időjárási karakterisztikák* között vélték összefüggést felfedezni. Ezeknek a kapcsolatoknak legtöbbje nem bizonyult reálisnak, csupán néhány maradt fenn a statisztika szigorú rostáján. A magaslégköri mérések mindenesetre érdekes termikus és dinamikus jelenségeket találtak a sztratoszférában. Velük kapcsolatban nem zárható ki valaminő szoláris-teresztrikus kapcsolat sem. Mindenekelőtt meg kell említenünk az IGY előtt, 1952-ben a Berlin fölötti sztratoszférában észlelt *hirtelen sztratoszférikus felmelegedést*, amikor is 2 nap alatt 30 km fölött 40°-kal emelkedett a hőmérséklet (*berlini effektus*). Hasonló explóziószerű felmelegedéseket észleltek később más, feltűnően magas szélességi körökön fekvő állomások fölött is.

Az IGY magaslégköri mérései megerősítették azt a felismerést, hogy az északi mérsékelt öv 20 km fölötti sztratoszférájában a tavaszi napj-egyenlőség időszakában a cirkuláció a téli nyugati áramlásból a nyári keleti áramlásba, az őszi napj-egyenlőség idején pedig a nyári keleti áramlásból a téli nyugatiba vált át. A tavaszi átváltódás időpontja és módja közel 2 éves (26 hónapos) periodicitást mutat. Az átváltódás a sztratoszférikus ózon planetáris transzportjával magyarázható, amelynek során nyáron melegebb van a poláris térség fölött, mint az Egyenlítő zónájában s a gradiens átfordulásával a cirkuláció átváltódása is bekövetkezik.

Hasonlóképpen 26 hónap körüli változást találtak az egyenlítői sztratoszféra cirkulációjának zónális irányváltásában, valamint Európa fölött az olyan napok havi számának ingadozásában, amelyek a meridionális cirkulációs forma a jellemzője. Ebből a felismerésből a planetáris időváltozások 26 havi ismétlődésére lehetne gondolni, feltehetően az Egyenlítő fölötti sztratoszférikus zónában érvényesülő naphatás következményeként, ha más feltételezést nem tekinténénk és statisztikailag kielégítő adatsor állna rendelkezésünkre.

Mindezekből arra lehet következtetni, hogy a napaktivitással feltehetően kapcsolatba hozható sztratoszférikus hőmérsékleti effektusok változásokat hoznak létre a sztratoszféra cirkulációjában, de a folyamatlanc *okási kapcsolatait*, valamint a sztratoszférikus folyamatok áttétele a troposzféra irányába, így időjárási következményei *még ismeretlenek*.

Megemlítendő még az IGY ellenpróbájának tekinthető s ezt 7 évvel kivétő *Nyugodt Nap Éve (IQSY)* elnevezésű együttműködés, amelyet az IGY-t követő napfoltminimum időszakában (1964 - 1965) rendeztek. Ugyancsak az IGY eredményeként könyvelhető el azoknak a nemzetközi programoknak megszervezése, amelyek feladatul tűzték ki az IGY és IQSY alatt felmerült problémák és más globális földtudományi kérdések kutatását. Ilyen programoknak tekinthetjük a Föld légkörének szempontjából:

- az IGY időszakában megkezdett *úrkutatás* folytatását (*COSPAR*) s ennek szocialista keretben megszervezett programját (*INTERKOZMOSZ*),
- az IGY-t és az IQSY-t követő s az 1959/60-ban folytatódó *Nemzetközi Geofizikai Együttműködést*, valamint a szocialista akadémiai földtudományi együttműködésének 1976-ban 10 éves fennállását ünneplő szervezete (*KAPG*) ma is aktív kapcsolatait,
- az antarktisi kutatások nemzetközi programját (*SCAR*),
- az óceán-kutatások nemzetközi programját (*SCOR*),
- a szoláris-teresztrikus kapcsolatok programját (*SCOSTEP*), végül
- a Globális Légkörkutató Programot (*GARP*) és
- a Világ-Éghajlati Programot (*WCP*).

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 87. évf. 2. szám. 1983. március—április
Journal of the Hungarian Meteorological Service. Vol. 87, No. 2. March—Apr 1983. Budapest

Meteorológiai együttműködés a Nemzetközi Geofizikai Évet követően: Globális Légkörkutató Program és Éghajlati Világprogram*

GÖTZ GUSZTÁV, Központi Meteorológiai Intézet, H—1525 Budapest, Pf. 38.

Meteorological collaboration succeeding the International Geophysical Year: the Global Atmospheric Research Programme and the World Climate Programme. The twenty-five year period starting with the International Geophysical Year has shown how international scientific cooperation can be realized on world-wide and permanent bases. In the field of meteorology, the Global Atmospheric Research Programme (GARP) is an excellent precedent of this advanced manner of activity. GARP is considered to be the most ambitious, complex and promising scientific effort ever attempted. In this review a general account of this research programme is given. While GARP of the 1970s was mainly concerned with the large-scale fluctuations in the atmosphere which control the weather, the present decade has brought a new problem of our environment into the focus of interest, namely that of the future of earth's climate. The World Climate Programme, a recent major international undertaking devoted to research on climate change and variability is briefly described.

✱

Meteorológiai együttműködés a Nemzetközi Geofizikai Évet követően: Globális Légkörkutató Program és Éghajlati Világprogram. A Nemzetközi Geofizikai Év új korszak kezdetét jelentette a nemzetközi tudományos együttműködésben: a világméretű és tartós összefogását. A meteorológia területén a Globális Légkörkutató Program fényes bizonyítéka ennek a minőségileg új tevékenységnek. Az 1970-es éveknek ez a méreteit és célkitűzéseinek ambíciózus voltát tekintve példa nélkül álló tudományos vállalkozása a figyelem középpontjába az időjárás alakulását irányító makro-skálájú légköri fluktuációk megismerését állította. A jelen évtized a természeti környezet új problémájára, az éghajlat és az emberi tevékenység kapcsolatára terelte az érdeklődést. Az Éghajlati Világprogram, a meteorológia napjainkban kibontakozó nemzetközi tudományos akciója a klímaváltozásokkal összefüggő kérdésekre keresi a választ, valamint arra a problémára, hogy miként alakul majd a földi éghajlat jövője.

✱

Az a három esemény, amelynek jubileumát ezekben a hónapokban világszerte megünnepelik — a száz esztendeje megrendezett I. Nemzetközi Poláris Év, az ötven esztendeje lebonyolított II. Nemzetközi Poláris Év és a negyed századdal ezelőtti Nemzetközi Geofizikai Év — megmutatta, hogyan képes az emberiség közös érdekből, jól meghatározott tudományos célok megvalósításáért összehangoltan együttműködni. A Nemzetközi Geofizikai Évet követő huszonöt esztendő bebizonyította azt is, hogy ennek az összefogásnak nem kell okvetlenül egy-egy konkrét eseményhez kapcsolódnia. Igazolja ezt az ICSU terebélyes családfájának a Geofizikai Év után kihajtott sok új ága — és hogy a légkör tudománya sem jelent kivételt e megállapítás alól, azt a jelen előadás hivatott bemutatni.

A Nemzetközi Geofizikai Év eseményei közül a meteorológus számára vitathatatlanul a legfontosabb az űrkorszak hajnalának felvirradása volt. Nem sokkal a Geofizikai Év tudományos műholdjai után, 1959. október 13-án pályára került az első meteorológiai rendeltetésű mesterséges hold, az Explorer-VII, új perspektívát tárva fel az időjárás meg-

*Az MTA 1983. február 15-i tudományos ülésén elhangzott előadás.

figyelése és az adatok továbbítása területén. Fordulópontot jelentett ez az esemény a tudományág történetében. Az 1950-es évektől ugyanis a számítógépes adatfeldolgozási technika előrehaladása, valamint a légköri folyamatok fizikai megismerése már olymértékben terjesztette ki a kutatások körét és az alkalmazott matematikai modellek komplexitását, hogy elméletileg lehetővé vált a légkör *egészének* a vizsgálata. Az ezen a területen folytatott numerikus kísérletek a dinamikus meteorológia fontos új koncepciójához vezettek el. E koncepció szerint a légkör viselkedését igazán csak akkor érthetjük meg, ha a nagytérségű mozgásrendszerek karakterisztikus időjárási életpciklusán belül magát a légkört, az éghajlati időskálákon pedig a légkört és a környező szférákat *egyetlen önálló fizikai rendszernek* tekintjük, amelynek minden eleme a többivel kölcsönhatásban áll. Ez az elv a meteorológiai megfigyelések vonzatában azt jelenti, hogy az általános légkörzés tanulmányozása globális méretű adatbázist követel. Am ennek az igénynek a teljesítése a hagyományos technikával csak fantasztikus költségek árán lett volna biztosítható, és az 1950-es évek végére nagyon is reálisá vált az a veszély, hogy a meteorológia modern kutatási irányzatai adatok hiányában teljesen elvontakká válnak.

Ebből a helyzetből jelentett kiutat az úrbázisú technika megjelenése: kiderült, hogy a műholdakkal a közvetlen megfigyelések és az információátvitel olyan globális rendszere fejleszthető ki, amely eleget tesz az adatokkal szemben támasztott tudományos igényeknek, s ugyanakkor gazdaságilag is megvalósítható. Az elképzelések valóra váltását fontos politikai események is elősegítették. Az ENSZ Közgyűlése 1961-ben határozatot hozott a világűr békés felhasználása terén kialakítandó nemzetközi együttműködésről, és ebben, majd az 1962-es határozatában felhívta a Meteorológiai Világszervezet (WMO) figyelmét, hogy „... más ENSZ-szervezetekkel, valamint kormányközi és nem kormányzintű szervezetekkel konzultálva dolgozzon ki részletes hosszú távú tervet a meteorológiai szolgáltatások és a kutatás helyezésének a megerősítésére”.

Ezek az ENSZ-határozatok két tevékenységsorozatnak jelentették a kezdetét. Az egyik elvezetett a WMO impozáns *operatív* programjának, az *Időjárási Világszolgálatnak* a kifejlesztéséhez, amelynek a feladata az, hogy a 151 tagország mindegyike jól integrált rendszer keretében kapja meg a munkájához igényelt adatokat. A másik eseménysor az időszerű *kutatásoknak* az addiginál összehasonlíthatatlanul szervezettebb nemzetközi koordinációját eredményezte. 1964 júniusában megalakult a légköri tudományok ICSU/IUGG-bizottsága, amely az érdeklődés homlokerében álló problémákat a következőkben összegezte:

- Léteznek-e még feltáratlan alapvető fizikai összefüggések a globális légkörben, amelyeket az előrejelzési modellekbe okvetlenül be kell építeni?
- Milyen legyen egy optimális globális megfigyelő rendszer, mely az adott technikai szinten anyagilag fenntartható, hatékonyságában pedig nem okoz az előrejelzések megbízhatóságában lényeges eltérést?
- Egyáltalában hol van az időjárás előrejelezhetőségének az elméleti határa?

A szakértők egyetértettek abban, hogy e kérdések megválaszolása elméleti vizsgálatokat és mérési programokat egyaránt megkövetel, továbbá, hogy ez a tevékenység csak egy hosszú lejáratú program keretében valósítható meg. A terv a *Globális Légkörkutatási Program* (GARP) elnevezést kapta.

A Globális Légkörkutatási Program

A Globális Légkörkutatási Programról szóló egyezményt a WMO és az ICSU elnöke 1967 őszén írta alá Rómában. Az egyezmény értelmében a GARP *első célkitűzése* az általános légkörzés *transziens* viselkedésének a tanulmányozása és az *időjárási* prognózisok megbízhatóságának a növelése, *második célkitűzése* pedig az általános légkörzés *permanens* tulajdonságainak a feltárása és az *éghajlat* fizikai alapjainak a jobb megértése volt. Az elmúlt tizenöt esztendő során a GARP-tevékenység tíz alprogram köré kristályosodott ki, és néhány — a tudománytörténetben példa nélkül álló — szakmai és technikai kooperációs művelet kezdeményezőjévé vált.

A *sugárzási alprogram* keretében a kutatók lényegében azt a munkát kívánták tovább folytatni, amely már a Geofizikai Év során megkezdődött: a rövidhullámú napsugárzás és a hosszuhullámú földi kisugárzás összes paraméterének pontos meghatározását. A cél a légkör sugárzás- és hőháztartásának olyan jellegű kvantitatív megismerése volt, hogy ezek eredményei közvetlenül beépíthetők legyenek az általános cirkuláció fejlődését szimuláló numerikus modellekbe. Az alprogram céljának elérése érdekében fejlesztették a meteorológiai mesterséges holdak fedélzetére szerelt komplex sugárzási műszereket, és a többi között számos expedíciós mérésre is sor került, sivatagi és városi feltételek közepette egyaránt.

A hó és a vízgőz túlnyomó többsége a trópusi övezetben táplálódik be a légkörbe; ha

a légkör olyan gépezet, amely a napsugárzás hőenergiáját a légköri mozgások kinetikus energiájává transzformálja, akkor ennek a gépnek a trópusi öv a kazánja. Az alacsony földrajzi szélességek meteorológiai folyamatai tehát közvetetten az egész légkör viselkedésére hatással vannak, mégis ezekről a folyamatokról rendelkezünk a leghalványabb ismeretekkel. Ezt a bizonytalanságot volt hivatott számúzni a *trópusi alprogram*, amelynek legjelentősebb fázisa a *GARP atlanti-trópusi kísérlet* (GATE) volt. A GATE száznapos programjára 1974 nyarán került sor, s abba 70 ország mintegy 4000 tudományos és technikai munkatársa kapcsolódott be. Dakar kikötőjéből indulva az Atlanti-óceán meghatározott helyein, pontosan egyeztetett mérési feladatokkal 39 kutató hajó sorakozott fel; a legelőben 13 repülőgép 416 tudományos rendeltetésű repülést hajtott végre 2600 óras időtartammal. A műszerezett úszó bójákból 73 egységet telepítettek, a GATE úrbázisú megfigyelő rendszerét pedig két geostacionárius és nyolc napszinkron pályán keringő műhold alkotta. A mérési műveletek együttesét — amelyet *Kurt Waldheim*, az ENSZ akkori főtitkára „a történelem addigi legnagyobb nemzetközi tudományos vállalkozásának” nevezett — a szenegáli fővárosból, Dakarból irányították. A koncentrált megfigyelésekkel sikerült a trópusi konvektív mozgások néhány új jellemvonását feltárni, köztük annak az addig csak sejtett mozgásformának a létezését, amely alapvető szerepet tölt be a hő és a vízgőz horizontális és vertikális átvitelének a láncolatában.

A nagy kiterjedésű, homogén felépítésű levegőtömegek szerkezetének gyors átalakulása, az ún. légtömeg-transzformáció különösen akkor következik be, amikor azok olyan tartomány fölé érkeznek, amelynek a felszíni tulajdonságai gyökeresen különböznek az eredő hely karakterisztikáitól. Ennek az esetnek a legmarkánsabb példái akkor figyelhetők meg, amikor a kontinentális hideg levegő meleg tengeráramlás fölé mozog. A *levegő-felszín kölcsönhatás alprogram* egyik regionális kísérletének színhelyeként ezért szemelték ki Ázsia keleti partvidékét. A *légtömeg-transzformációs kísérletet* két alkalommal hajtották végre: 1974 és 1975 februárjában. A részletes mérések elsősorban olyan mikro-méretű folyamatokra vetettek fényt, amelyek a hemiszférikus modellekbe csak közvetetten, ún. *parametrizációs technikával* építhetők be, e technika eredményessége pedig csak akkor remélhető, ha helyes az alapjául szolgáló fizikai elképzelés. Ugyanennek az alprogramnak a *levegő-tenger kölcsönhatás* elnevezésű kísérletsorozata az Atlanti-óceán térségében zajlott le, és attól elsősorban a planetáris határreteg transzport folyamatainak jobb megértését várják.

A regionális kísérletek szervezésén kívül a GARP első célkitűzésének kezdettől fogva megálmodott terve volt egy olyan *globális* kísérlet megrendezése, amelynek során egyszer, legalább egy éven keresztül, költséget és fáradságot nem kímélve és már a jövő technikájára alapozva sikerül igazán jól vizsgálat alá vonni a Föld egész légkörét és óceánjainak felszínét. A GARP-nak ez a *globális alprogramja* annyira felkeltette a reményt, hogy még a meteorológusok között is sokan kezdték az egész légkörkutatósi programot ezzel az alprogrammal azonosítani. Megvalósulására azonban sokáig várni kellett. Az eredeti tervek még az 1972-es esztendő jelölték meg egy globális kísérlet évének, ez azonban éppen a „jövő technikájával” (és különösen a meteorológiai mesterséges holdakkal) kapcsolatos műszaki problémák miatt túlzottan optimistának bizonyult, később pedig a gazdasági depresszió fenyegető előjeleivel is szembe kellett nézni. Am végül elérkezett 1978. december 1-e, az *első globális GARP-kísérlet* nyitó napja — ez annak az egyéves programnak a hivatalos neve, amelyre inkább *Globális Időjárási Kísérletként* szokás hivatkozni, vagy a sok nemzetközi GARP-ülés során spontán kialakult „garpish” nyelven egyszerűen „figi”-ként (ez a hivatalos angol név rövidítéséből származó FGGE polgárjogot nyert kiejtése).

Az FGGE egész megfigyelési tevékenysége mindenekelőtt természetesen a WMO már létező operatív rendszerére, az Időjárási Világszolgálatra alapult. Erre épültek rá a Globális Időjárási Kísérlet speciális megfigyelő rendszerei, mégpedig jellegűktől függően három kategóriában. Azok a járulékos magaslégköri megfigyelő állomások, amelyeket elsősorban a trópusi övben telepítettek, az *egész éven át* működtek. Voltak olyan mérőrendszerek, amelyeket lehetetlen volt 365 napon keresztül üzemeltetni, ezek az FGGE két *speciális megfigyelési periódusában* (1979. január 5-e és március 5-e, illetve május 1-e és június 30-a között) dolgoztak. A még költségesebb mérési technikák számára e perióduson belül *intenzív megfigyelési időszakokat* jelöltek ki (január 15-e és február 20-a, illetve május 10-e és június 8-a között). Az FGGE összképét a dicséret jelzők gazdag tárházából válogatva szokás jellemezni. E sorok írója nem kíván ezzel a lehetőséggel élni — szeretné a választás jogát az alábbi sorok olvasójának átengedni.

A cél mindenekelőtt az úrbázisú megfigyelőrendszer idealizálása volt. Az Egyesült Államok az FGGE idejére elkészült az *operatív* meteorológiai műholdak harmadik generációjának kifejlesztésével: 1978 októberében „délutáni” napszinkron pályára került ennek az új rendszernek az első (és névadó) holdja, a TIROS-N, majd 1979 júniusában — tehát eléggé megkésve — a család második tagja, a „reggeli” NOAA-6 is. A Szovjetunió

erre az alkalomra szintén tökéletesítette időjárás-műholdjait: az ún. Meteor-2 rendszer keretében 1975-től az FGGE befejezéséig négy hold került fellövésre. Igyekeztek biztosítani a geostacionárius műholdakkal történő maximális globális képfedést, ezért új holdak pályára juttatásával, illetve a meglévők átirányításával öt ilyen geoszinkron holdat helyeztek el szimmetrikusan az Egyenlítő fölötti 36 000 km-es magasságban. Két poláris pályájú *kutató* műhold is az űrbe került: a 99 napos operáció után 1978 októberében rejtélyesen elhallgatott oceanográfiai hold, a SEASAT-A, valamint a Nimbus-G.

A trópusi mérések további sűrítéséről két megfigyelő rendszer gondoskodott. Az egyik a két speciális megfigyelési időszakban a trópusi óceánokra kivezényelt hajóflotta volt: a téli időszakban 40, a nyári két hónap során pedig 45 hajó végzett naponta legalább kétszer magaslégköri állapotméréseket. Közülük 25 azokkal az FGGE idejére kifejlesztett, teljesen automatizált üzemű rádiószondákkal dolgozott, amelyeknél a műszer térbeli helyzetének meghatározása a globális OMEGA rádiónavigációs hálózaton (az ún. NAVID-on) alapult. A másik megfigyelő rendszer a két intenzív megfigyelési időszakban működött: 10 km magasságban haladó nagy teljesítményű repülőgépekről az óceánok fölött 339 bevetésben több mint 5100 eredményes ejtőszondás mérést hajtottak végre — itt az értékelés szintén a NAVID-ra épült.

Elsősorban a déli félteke óceánjai fölötti magaslégköri méréseket voltak hivatva szolgálni a 10-km-es magassági szintben úszó műszerezett léggömbök amelyekből a téli intenzív periódusban 153-at, a nyáriban pedig 160-at engedtek föl. Közülük nem egy több hónapos „matuzsálemi út”-ét meg, pályafutása során — sokszor meglepően kacsaringós útvonalon — többször is megkerülve a Földet. A műszerek között minden léggömbön helyet kapott egy rádió is, ennek folyamatos adását vette a TIROS-N műholdrendszer egyik éppen arra haladó tagja: fedélzeti berendezése a Doppler-eltolódás elve alapján elvégezte a ballon helymeghatározását, a mérési adatokat hordozó jelet pedig mágnesszalagra rögzítette. Ez volt az ún. *Argos-rendszer*, amely már a holnap lokalizációs és adatgyűjtési technikáját alkalmazta.

Az FGGE oceanográfiai-meteorológiai adatszerzését úszó bójákkal oldották meg. A Világóceán 41 hajóról 284 bójával népesítették be, majd az egyenletesebb eloszlás érdekében repülőgépekről további 18 bóját helyeztek el. Többségük a déli óceánokra került, és mindegyikük alkalmas volt legalább a tengerszinti nyomás és a felszíni vízhőmérséklet mérésére. A bóják helyzetének meghatározása és az adatok gyűjtése itt is az Argos-rendszerre épült. Talán a műszeres bóják telepítése volt az FGGE legnagyobb elismerést kiváltó tette, és ez a művelet hozta meg a Globális Kísérlet legfontosabb felfedezését: kiderült, hogy a déli félteke légkörzése lényegesen intenzívebb, mint amit eddig a gyér adatok birtokában bárki feltételezni mert volna.

Végül az FGGE idejére kifejlesztett új információszerző eljárás volt a repülőgép-műhold adatközvetítő rendszer is, amely a repülőgépes meteorológiai mérések teljesen automatizált gyűjtésére alkalmas. Segítségével az adatok kb. 125 km-es távolság-intervallumonként szerezhetők be, azokat a repülőgép rádióadója valamelyik geoszinkron műholdra sugározza át, s ilyenformán lehetőség nyílik azok valós idejű forgalmazására. Az FGGE évében 17 ilyen berendezést szereltek föl a transz- és interkontinentális légi járatokon közlekedő repülőgépekre.

Az FGGE-vel párhuzamosan néhány regionális időjárás-kísérletet is lebonyolítottak. A GARP *monszun alprogramjának* keretében 1978/79 telén került sor a kelet-ázsiai *téli monszun kísérletre* 1979 nyarán pedig az indiai *nyári monszun kísérletre* és a nyugat-afrikai *monszun kísérletre*. Az általános légkörzés e regionális sajátosságainak az érintett térségek éghajlatingadozásaiban, és ezeken keresztül az ott élő népek életfeltételeinek alakulásában betöltött szerepe jól ismert. Annál kevesebbet tudunk viszont e folyamatok részleteiről, az évek közötti eltérések okairól, valamint arról, hogy a lényegében zonálisan szimmetrikus általános légkörzésben ezek a meridionálisan szimmetrikus „zavarok” hogyan értelmezhetők. A *poláris alprogram* részeként az FGGE idején egy arktiszi és egy antarktiszi mérőprogram végrehajtása is megtörtént, elsősorban abból a célból, hogy — például a jégmezőkre repülőgépekről ejtőernyővel leeresztett bóják segítségével — kontrolladatokhoz jussanak a műholdak sarkvidéki felvételeinek értékelésénél. Végül az FGGE-hez kapcsolódó *oceanográfiai programról* kell említést tennünk, amelynek mérési tartománya főleg az egyenlítői övezetre és a déli tengerekre koncentrálódott. Ezeknek meteorológiai jelentősége leginkább azoknál a légköri folyamatoknál van, amelyeknél az óceánok a termikus kényszer szerepét töltik be.

A domborzat mechanikai kényszerként hat a légáramlásokra: a levegő az útjában álló hegyvonulatot átkelni kényszerül, vagy megkerüli azt. Bármennyire is triviális megállapításnak tűnik ez, modellkísérletekkel igazolható, hogy az általános légkörzés a Föld nagy hegyvonulatai nélkül lényegesen más képet mutatna. Vagy egy bennünket közelebből érintő példát említve: számottevően egyszerűsödne a hazai prognóziskészítők dolga, ha

nem kellene az Alpok áramlasmódosító hatásával számolniuk. Ezért is került be a GARP tervei közé 1974-ben — a többi között magyar kezdeményezésre — a *domborzati alprogram*, amelynek impozáns megfigyelési művelete, az *alpi kísérlet* (ALPEX) 20 ország részvételével már az FGGE-t követően, 1981 szeptembere és 1982 szeptembere között zajlott le. Ez volt az utolsó a GARP regionális kísérleteinek sorában — méltó befejezése a tizenöt esztendő felélelő kooperációnak. A speciális megfigyelések kéthónapos időszakában (1982. március—április) Genfből irányítva három nagyteljesítményű kutató repülőgép és 15 kisebb repülőgép hajtott végre komplex méréseket; a nagy gépek 326 órát repültek és a többi között 187 ejtőszondázást végeztek. Az időjárás radarok összefüggően fedték le az Alpok térségét, a Földközi-tengeren 11 kutató hajó és több mint 20 jól műszerezett bója gyűjtött adatokat. A METEOSAT-2 geoszinkron holdat gyakoribb felvételek készítésére programozták át, és a felszíni megfigyeléseket is sikerült az időben és térben egyaránt a kívánatos sűrűségűre gyarapítani. Az Országos Meteorológiai Szolgálat, amely több GARP-kísérlet tudományos programjának kidolgozásába és expedíciós méréseinek elvégzésébe delegált szakembereket, az ALPEX-ben is aktív szerepet vállalt.

Az ALPEX már az operációs szakaszában több érdekes felismerést eredményezett. Felfedezték a fön eddig ismeretlen típusát, a bőra néhány rejtett kisléptékű sajátosságát, és a repülőgépes mérések rávilágítottak arra, hogy a nagysebességű északnyugati áramlás az Alpok láncolatához érve háromszor intenzívebben deformálódik, mint ahogy eddig képzeltük. Ha ezt a tudást sikerül majd a numerikus prognosztikai modellekbe beépíteni, akkor remélhetően eredményesebb lesz az ún. mediterrán ciklogenezis folyamatának az előrejelzése is. A Genovai-öböl térségében, ebben a ciklonkezelés gyakoriságát tekintve a világon egyedülálló körzetben évente számos olyan légörvény alakul ki, amelynek pályája azután a Kárpát-medencén át vezet tovább, alapvetően meghatározva hazánk időjárását, éghajlatát.

A különböző alprogramok szintetizálását, az egységes kutatási koncepció kialakítását és megvalósítását a *numerikus experimentációs alprogram* keretében biztosították. Ennek az alprogramnak a szakértői testülete gondoskodott a regionális kísérletek stratégiájának a kidolgozásáról, és felelős azért, hogy legkésőbb 1985 végéig valóra váljanak a GARP-nak azok a célkitűzései, amelyekért az egész tevékenység történt: lefektetni egy racionális globális megfigyelő és távközlő rendszernek és egy fizikailag biztos talajon álló időjárás-előrejelző modell-hierarchiának az alapjait.

A GARP tizedik összetevőjének, a *klimadinamikai alprogramnak* a története már az Éghajlati Világprogram megszületéséhez vezet el.

Az Éghajlati Világprogram

Az 1970-es évek elején, amikor a meteorológus közösséget még elsősorban az időjárás előrejelzésének a témáját érintő első GARP-célkitűzés megvalósítása foglalkoztatta, már egy új, és ennél lényegesen átfogóbb problémának a körvonalai kezdtek mind élesebben kirajzolódni. A világ népességének rohamos szaporulatát kísérő élelmészési gondok és az éghajlatnak ezeket a gondokat csak tetéző fluktuációi, amelyek a Föld néhány körzetében azokban az években súlyos katasztrófákhoz vezettek, az aggasztó méreteket öltő környezetszennyezés, a földfelszín arculatának kíméletlen átformálása és az energiaválság baljós előjelei ráébresztették az emberiség jövőjét féltő szakembereket arra, hogy a természeti környezet a korábnál sokkal több figyelmet és törődést igényel. Ebben a szellemben került sor 1972 nyarán arra az ENSZ-konferenciára, amelynek témája az *emberi környezet* volt. A résztvevők asztalán ekkor már ott feküdt az a 300 oldalt meghaladó terjedelmű szakértői jelentés, amelyet az előző évben dolgozott ki a világ harminc élen járó meteorológusa a nemkívánatos antropogén klímamódosulásról.

Az ENSZ-konferencia ajánlással fordult a WMO-hoz és az ICSU-hoz, javasolva, hogy a két szervezet „folytassa a GARP végrehajtását a légkör általános cirkulációjának és a klímaváltozások okainak jobb megértése érdekében, továbbá annak eldöntése céljából, hogy vajon ezek az okok természeti eredetűek-e, vagy az emberi tevékenység következményei”.

A kapott feladat, mint említettük, második célkitűzésként ugyan ott szerepelt az 1967-ben megfogalmazott GARP-tervekben, kellő figyelemben azonban csak ettől az időtől részesült. A klímadinamikai alprogram keretében kidolgozták azokat az elveket és tenni-valókat, amelyek az éghajlat megértésének és matematikai modellezésének az alapját képezik, és elhatározták azt is, hogy az 1980-as évtizedet nemzetközi *klímadinamikai dekádá* nyilvánítják. Közben, az évek múlásával a társadalmi elvárások köre és sürgető igénye csak terebélyesedett. Ez a fokozódó érdeklődés készítette a WMO-t arra, hogy 1979 februárjában egy Éghajlati Világkonferenciát hívjon össze.

A több mint 350 szakértő részvételével lezajlott genfi konferencia a társadalom és

a természet harmóniájának megteremtésére felszólító deklaráció kiadásával zárult, és elvezetett az *Éghajlati Világprogram* (WCP) gondolatához, amelyet még abban az évben a WMO Kongresszusa szentesített. Az Éghajlati Világprogram vezérgondolata az, hogy a klíma a természeti környezet része, és ezért alapvető fontosságú az ember léte és boldogulása szempontjából. Az éghajlat a múltban számos alkalommal változott és joggal tételezhető fel, hogy a jövőben is változni fog. Ezek a változások lehetnek előnyösek, ám okozhatnak problémákat is; az emberiségnek meg kell tanulnia az éghajlatot mint erőforrást okosan kiaknázni, káros ingadozásait pedig maximálisan kivédeni.

A Világprogram legfontosabb komponense az *Éghajlatkutatási Világprogram* (WCRP), amelynek végrehajtásáról a WMO az ICSU-val 1980. január 1-én életbe lépett hosszulejáratú egyezményt írt alá. A kutatási program a fő célt az éghajlat előrejelezhetőségének a vizsgálatában és az antropogén klímamódosulások elemzésében jelöli meg. Hogy ez a két célkitűzés elérhető legyen,

- tökéletesíteni kell ismereteinket a globális és regionális éghajlatok vonatkozásában, fel kell tárnai az éghajlat időbeli változásait és azokat a mechanizmusokat, amelyek e változásokért felelőssé tehetőek;
- bizonyítékokat kell keresni arra, hogy vannak-e szignifikáns trendek az éghajlat globális és regionális alakulásában;
- olyan fizikai-matematikai modelleket kell kidolgozni, amelyek a tér-idő skála széles tartományában alkalmasak az éghajlati rendszer szimulálására és a rendszer állapota előrejelezhetőségének a megbecslésére; és végül
- vizsgálni kell az éghajlatnak a lehetséges természeti és ember okozta kényszerekkel szemben tanúsított érzékenységet, és fel kell mérni azokat a klímaváltozásokat, amelyeket a szóba jöhető diszturbáló hatások kiválthatnak.

Az Éghajlatkutatási Világprogram keretében tervezett vizsgálatokhoz szükséges információ megteremtéséről és hozzáféréséről az *éghajlati adatprogram* gondoskodik. A fentiekben túlmenően a Világprogramnak további két összetevője van. Az *éghajlati alkalmazások programja* rá kívánja irányítani a döntések meghozatalára jogosult testületek figyelmét arra, hogy az alkalmazott klimatológiai ismereteknek mekkora értéke van a gazdasági és szociális problémák átfogó megoldásában. Az *éghajlati hatások tanulmányozásának programja* kettős kérdést állít fókuszba: milyen hatást fejt ki az éghajlat változása és változékonysága a társadalomra, és mi lehet a társadalmi tevékenység szerepe az éghajlat változásaiban?

*

Összefoglalva az elmúlt negyed század folyamán a meteorológia területén kifejtett nemzetközi együttműködést: a *Globális Légkörkutatási Program* — amely lassan a múlttá válik — arra az igényre épült, hogy az ember tudni akarja, milyen lesz az elkövetkező napok és hetek időjárása. Az *Éghajlati Világprogram* — amely most van kibontakozóban — a távolabbi jövőbe hivatott bepillantást engedni: arra keresi a választ, hogy miként alakul majd az elkövetkező évek, évtizedek és évszázadok éghajlata, és mit kell a társadalomnak ma elkövetnie ahhoz, hogy az emberi élet alkalmas klímafeltételei az utókor számára is biztosítottak legyenek.

RAJKAI ÖDÖN (1913—1983)

1983. január 7-én elhunyt *Rajkay Ödön* az Országos Meteorológiai Szolgálat Központi Előrejelző Intézetének nyugalmazott főmunkatársa. Egészségi állapota az elmúlt 1–2 év során sokat romlott, ő maga is panaszkodott egy kissé, munkáját mégis töretlenül elvégezte. Rendszeressége, jó időbeosztása a 7 évig és 7 napig tartó nyugállománybeli tevékenysége során is jellemző maradt reá. Első nyugdíjas napjától, a szó szoros értelmében véve az utolsóig, munkaszerződés keretében, német, orosz és angol (néhány francia) nyelvből, szakmai szövegek fordítását vállalta a Központi Előrejelző Intézet felkérésére. Teljesítménye sok ezer, példás kivitelezésű, szakszerűen kidolgozott gépelt oldalban mérhető le.

Január 7-e, életének befejező napja, rendszeres, szorgos tevékenységének szimbóluma marad, hiszen mint hozzátartozóitól tudjuk, délelőtt kitűzött napi feladatát még elvégezte: 12 óra előtt a kéziratot fordítás befejezésre tervezett bekezdésének végére pontot tett. Délben napi programja szerint még meghallgatta az időjárásjelentést. . .

Amikor 1975. december 31-én nyugállományba vonult, bizton tudtuk, hogy még sokat tesz majd szakmánk előrehaladása érdekében. Számos körülmény miatt úgy alakult, hogy túlnyomórészt a fordítások nehéz és monoton munkájába merült bele. Emellett azonban évek óta várákozással tekintett az 1983-as év felé, amikor az általa napi operatív munkába bevezetett hőmérsékleti maximumok anomália térképeinek 20 éves szakmai értékeléséről közös tanulmányt akart írni. A 20 éves adat-sor 1982. december 31-én kiteljesedett, és már most megállapítható, hogy igen hasznosan alkalmazható a napi előrejelzési munkában. Továbbfejlesztésre megérett, és méltányos lenne, ha ez a módszer „*Rajkay-féle módszer*” elnevezéssel szolgálna tovább szakmánk legmindennapibb prognosztikai feladatainak megoldásában.

Az *Időjárás* 1976. évi 2. számának 111. oldalán addigi munkásságának, életrajzának szerény összefoglalását adtuk. Kiemeltük, hogy szaktevékenységét, energiáját mértéktenül lekötötte a 60-as évek végén ugrásszerűen megnöve-

kedett operatív szolgáltatási tevékenység. *Rajkay Ödön* kijelölt szolgálati helyén első sorban a szolgálat ellátásában és a szolgálati munkafolyamatok fejlesztésében látta fő tennivalóit. Sok, tudományos ötletének, elgondolásának megvalósítását kénytelen volt a messzi távoli időkre halasztani. Minden témakörben, amivel foglalkozott, nagy elmélyültséget mutatott. Fellapozhatjuk pl. az 1952. évi, az 1954., az 1962. és az 1963. évi Beszámoló Köteteket, ahol minden esetben más és más tevékenységéről kapunk tájékoztatást. Hasonlóan sokrétű és sokoldalú tevékenységet fémjelznek az *Időjárás*ban 1951-től 1976-ig megjelent cikkei. A *Léghő* c. folyóiratunkban a népszerűsítést szolgáló szakmai írások jó stílusú, egyszerű és világos logikájú szerzőjeként ismerjük meg *Rajkay Ödönt*. Mélyen szántóan filozófikus, de egyben következetesen praktikus gondolkodásmódja a megjelent írások mélyéből ugyan elő-előtűnik, de erről az oldaláról teljesen csak azok a kollégák tudnak valamit is mondani, akiknek módjuk volt arra, hogy Vele nagyobb lélegzetű eszmecsereket folytassanak. Napi feladatai mellett a fizika és a matematika köréből is számára érdekesítő témákon mindig elődözött, sokat olvasott, és követte a fejlődést. A fizika és a vele szoros kapcsolatban álló csillagászat és a modern technika újdonságait is követte és megcsodálta a nagy eredményeket. Létrahozta saját házi műhelyét, amelyben nagy precizitással és műgonddal számos eszközt alkotott; többek között egy saját tervezésű és kivitelezésű nagyteljesítményű távcsövet, amivel kedvező időjárás esetén a 4. emeleten lévő lakásából előre megtervezett program szerint állította távcsövét az égbolt kijelölt pontjaira.

Az elmúlt 7 év során – mint említettük – a Központi Előrejelző Intézet számára készített meteorológiai vonatkozású fordításokat, amelyeknek szakszerűsége, kivitelezése és késedelem nélküli szolgáltatása – dicsérve *Rajkay Ödön* nagy szakértelmét, pontosságát és rendszerességét – a következő generációk számára is követendő példa maradt.

A közel 25 évig előrejelző szolgálatunkhoz tartozó *Raj-*



kai Ödön, akihez egyenes tartása és egyenes jelleme miatt ragaszkodtunk, váratlanul hagyott el bennünket, és hosszú időre betölthetetlen űr maradt utána.

Emlékét tisztelettel és kegyelettel megőriz-zük!

Tóth P.

✱

BÉLL BÉLA SZÉKFOGLALÓJA A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIAÁN

Egy esztendő híján fél évszázadot átívelő, szakmai sikerekben nem szűkölködő tudományos pálya méltó elismeréseként a Magyar Tudományos Akadémia 1982. évi közgyűlése Béll Bélát, az Országos Meteorológiai Szolgálat 1974-ben nyugalomba vonult tudományos tanácsadóját, 1970 óta az Akadémia levelező tagját *rendes tagjává* választotta. Az erről szóló oklevél átadására az Akadémia X., Föld- és Bányászati Tudományok Osztályának rendezésében 1983. január 17-én – régi szokásokhoz híven tartott – székfoglaló ülésen került sor. Ennek bevezetőjéül Pécsi Márton akadémikus, a X. osztály alelnöke részletesen ismertette az új akadémikus Béll Bélának, a hazai aerológiai kutatás kerekén három évtizeden át volt irányítójának pályafutását: a magaslégrék fizikai folyamatainak a Kárpát-medence térségében mind teljesebb megismerésére irányuló operatív és kutató munkáját, e munkának tudományos publikációi sorában lefektetett eredményeit, s túl a szolgálati feladatokon, címzetes egyetemi tanárként a felsőoktatásban, tudományszervezőként pedig a hazai s nemzetközi téren egyaránt kifejtett, igen élénk s elismert ténykedését, majd felkérte székfoglaló előadásának megtartására.

„A légáramlás éghajlati sajátosságai a Kárpát-medence térségében” című előadásában Béll Béla – az Akadémia felolvasó termét teljesen megtöltő hallgatóság előtt – röviden ismertette a több mint 100 évvel ezelőtt alapított Központi Meteorológiai Intézet szervezettségében felállított észlelő hálózatban megindult légköri, időjárás, éghajlati megfigyeléseket, s az egyre gyarapodó adatok birtokában a felszínközeli légtér éghajlati adottságainak szakirodalmi értékelését. Ám azok a nehézségek, amelyek a Kárpát-medence légtérében a magaslégrék áramlásviszonyok értelmezésében úgyszólván századunk harmincas éveinek végéig fennállottak, csak a repülőgépes, majd a rádiószondás magaslégrék mérések megindul-tával kezdtek tisztázódni úgy, hogy egymás után jelenhettek meg mind a hazai, mind a nemzetközi adatgyűjtés eredményeit feldolgozó s értékelő, *aeroklimatológiai* jellegű publikációk.

Saját, ezirányú munkásságának eredményeként az északi félgömb hőmérsékleti anomáliái-

ból arra következtethetett (1967), hogy az ötvenes években a maritim éghajlati hatás mélyen benyomult a kontinensre, s télen a Turáni-alföldig, nyáron pedig a Havasalföld területére is kiterjedt. Ez a hatás Magyarország fölött 5 km magasságig kimutatható volt.

A hatvanas években Magyarországon végzett magassági (pilot) szélméréseket értékelve mutatta ki a ciklontevékenység és a domborzat hatását az áramlási viszonyokra az *alsó troposzférában*. A permanens nyugati alapáramlástól elválasztható perturbációk – mint a ciklonális tevékenység és a domborzat hatásai, az ún. „Kárpát-hatás” –, általában 3 km fölött *elmosódnak*, a felső troposzférában az áramlás kiegyenlítettebbnek mutatkozik. A hőmérsékleti advekcio értékei arra mutatnak – állapította meg az előadó –, hogy a *maritim éghajlati jelleg a medence alsó troposzférájában a hatvanas években is érvényesült*, de stabilitása meg lehetőségen csekély volt. Ez a körülmény – szorinté – nem zárja ki, hogy a következő évtizedekben kontinentális hatások gyakrabban érvényesüljenek, különösen a téli félévben. (Jól esett hallanunk a székfoglalónak ezeket az aerológiai megállapításait, mert alátámasztják, szinte magyarázzák az 50 év talajmenti adataiból szerkesztett s *Magyarország Éghajlati Atlaszában* közzétett” Hőmérsékleti kontinentális”-térképünk (26. térképlap) megállapításait.)

Végül arra mutatott rá a székfoglaló előadás: a hazai pilot-állomások több évtizedes adatsorai alkalmasak arra, hogy az áramlási tér szerkezetében még nyitva maradt számos kérdést, – mint amilyenek a hő- és anyagávitel részleteinek a Kárpát-medencében már felismert orografikus hullámoknak, a jellegzetes vergenciális függélyes áramlásoknak a kérdései, – éghajlati szempontból és módszerekkel tovább kutassuk, s ezzel közelebb jussunk a domborzatában, felszínalaktani formakincsében rendkívül tanulságos, sőt nemzetközi tekintetben modellként is szolgáló Kárpát-medence áramlási viszonyainak megismeréséhez.

Az előadás befejeztével az elnöklő Pécsi Márton akadémikus – a megjelentek meleg ünneplése közben – nyújtotta át Béll Bélának az akadémiai rendes tagságról szóló oklevelet.

Úgy érezzük, a magyar meteorológia tudomány-történetében is megörökítendő eseménynek tekintett székfoglalóról írott beszámolónk befejezéséül arra is rá kell mutatnunk: nem lehetett célunk itt, e folyóirat lapjain Béll Béla bizonyára még távolról sem befejezett életművének adatszertű dokumentálása. Folyóiratunk e sikerekkel és hazai s külföldi elismerésekkel kísért életpálya néhány állomásához érkeve híven tájékoztatta róluk olvasóinkat (*Időjárás* 78. 311, 82. 304. pp). De arra is, ami külön örömmünkre szolgál e tudományos pálya ezen legdekoratívabb állomásakor: Szolgálátunk fennállása óta Schenzl Guidó, Konkoly-Thege Miklós, Steiner Lajos nyomában, Béll Béla személyében a hazai meteorológiának im-

már negyedik művelőjét köszönhetjük az Akadémia rendes tagjainak sorában.

Kakas J.

✱

„NOWCASTING” SZEMINÁRIUM BÉCSBEN

1982. október 29-én, Bécsben az Osztrák Meteorológiai és Geodinamikai Intézetben, a rövidtávú előrejelzések fejlesztésével kapcsolatos témakörökből szemináriumot tartottak az osztrák meteorológusok. A szeminárium szervezője az ASSA volt, ez a napenergia és a világűr kérdéseivel foglalkozó társaság, az osztrák tudományos élet vezetői irányítják.

A megnyitó előadásban *H. Reuter* professzor, a meteorológiai intézet igazgatója ismertette a szeminárium célját. Az osztrák automata meteorológiai állomások, radaradatok, műholdvételek, számítógépes információk és módszerek komplex felhasználási lehetőségeit kívánták megvitatni, különös tekintettel a rövidtávú előrejelzések korszerűsítésének kérdéseire.

Az 52 meghívott sorában megjelentek a kormány, az osztrák hadsereg, a polgári repülés, az egyetemek képviselői, nemkülönben az osztrák meteorológusok szép számban. Képviseletet magától a szemináriumon Jugoszlávia, a Német Szövetségi Köztársaság, és — e sorok írójának személyében — hazánk meteorológiai szolgálata is. *Veronika Zwatz-Meise* a téma

nemzetközi irodalmát ismertette, rendszerelméleti alapon. *G. Hailzl* az adatgyűjtés és továbbítás lehetőségeit, *K. Zimmermann* a számítógépes feldolgozások lehetőségeit mutatta be előadásában, majd *H. Trimmel*-nek a radaradatok gyűjtéséről és feldolgozásáról, *H. J. Bolle* professzornak a rövidtávú előrejelzésekben a meteorológiai műholdak felhasználásának lehetőségeiről szóló előadása hangzott el.

Délután *H. Skade* NSZK-beli kutató tartotta meg érdekes és értékes előadását, amelyben színes diavetítés kíséretében komplex mezometeorológiai előrejelzési módszert mutatott be.

Az előadások befejeztével megindult vitában a meteorológia más-más területén dolgozó szakemberek az előrejelzések felhasználhatósága szempontjából értékelték a hallottakat. Ennek során Szolgálatunk elnöke nevében megköszönve a meghívást, javasoltam, hogy a veszélyes időjárási jelenségek adatainak kicserélésére a VI. Régió 1982-ben tartott római ülésének ajánlása nyomán, közvetlen kétoldalú veszélyjelentő adatcsere induljon meg a két meteorológiai szolgálat között. A kérdés megoldása természetesen kellő előkészítést igényel.

A tartalmukban magasszintű és értékes előadások külön kiadványban is megjelennek. A szeminárium után kialakult baráti beszélgetések a hagyományosan jó, magyar-osztrák kapcsolatokat öregbítették.

Böjti B.

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 szemle-cikkek lehetnek. A közlés nyelve: magyar vagy angol. A kettes sortávolsággal gépelt kéziratok két példányban küldendők be a következő címre: **Időjárás Szerkesztősége Budapest, Pf. 38. 1525**

A kéziratokat a szerkesztőbizottság 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 értelemeszerűen 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); 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.

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 literary advisers.

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

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



83. 0070 Athenaeum Nyomda, Budapest — íves magasnyomás
Felelős vezető: Szlávik András vezérigazgató

INDEX: 26 361

HU ISSN 0324—6329