

IDŐJÁRÁS

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT FOLYÓIRATA

85. ÉVF. ★ 6. SZÁM ★ 1981. NOVEMBER—DECEMBER

TARTALOM

<i>Haszpra László</i> : Csapadékkémiai mérőhálózatok tervezése. II. Szulfát adatok; véletlen eloszlású állomáshálózat (angol nyelven)	309
<i>Ramana Rao, B. V. — Sastri, A. S. R. A. S. — Rama Krishna, Y. S.</i> : Integrált eljárás az aszály osztályozására; esettanulmány India aszályos övezetére) angol nyelven)	317
<i>Berényi Dénes</i> : A légkör szennyezettségének vizsgálata az ATOMKI-ban nukleáris módszerekkel	323
<i>Szász Gábor</i> : Az időjárási folyamatok és a természet közötti kapcsolat modellezésének alapjai	334
<i>Justyák János</i> : A mezo- és mikroklíma-kutatás főbb célkitűzései, eredményei a KLTE Meteorológiai Tanszéken	346
<i>Mika János</i> : A trópuson kívüli cirkuláció örvényszerkezetének néhány jellemzője ...	358
Irodalom	366
Krónika	370

CONTENS

<i>Haszpra, L.</i> : On the planning of precipitation chemistry networks. II. Sulfate data; case of randomly distributed stations (in English)	309
<i>Ramana Rao, B. V. — Sastri, A. S. R. A. S. — Rama Krishna, Y. S.</i> : An integrated scheme of drought classification; a case study for an Indian arid zone (in English)	317
<i>Berényi, D.</i> : Investigations into the pollution of the atmosphere in ATOMKI by means of nuclear methods	323
<i>Szász, G.</i> : Fundamentals of numerical modeling of the relation between atmospheric processes and agricultural production ...	334
<i>Justyák, J.</i> : Program and results of the investigation of meso- and micro-climate at the Meteorological Department of the University L. Kossuth	346
<i>Mika, J.</i> : Some characteristics of vortex structure of the extratropical circulation	358
Literature	366
Chronicle	370

JOURNAL OF THE HUNGARIAN METEOROLOGICAL SERVICE

VOL. 85. ★ NO. 6. ★ NOV.—DEC. 1981. ★ BUDAPEST

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata
Journal of the Hungarian Meteorological Service

SZERKESZTŐ BIZOTTSÁG – EDITORIAL BOARD

AMBRÓZY P. (Budapest)	RADINOVIĆ, D. (Beograd)
ANTAL E. (Budapest)	RÁKÓCZI F. (Budapest)
BENGTSSON, L. (Reading)	RENOUX, A. (Paris-Créteil)
BÖHME, W. (Potsdam)	ŠAMAJ, F. (Bratislava)
BUDYKO, M. I. (Leningrad)	STELCZER K. (Budapest)
FEDERER, B. (Zürich)	SZEPESI D. (Budapest)
GEORGII, H. – W. (Frankfurt a. M.)	TAKEUCHI, K. (Tokyo)
GÖTZ G. (Budapest)	TUVDENDORZS, D. (Ulan-Bator)
GULYÁS O. (Budapest)	VARGA-HASZONITS Z. (Budapest)
HUSAR, R. (St. Louis, Missouri)	VITEK, V. (Praha)
LOGVINOV, K. (Kijev)	WHELPLEDALE, D. M. (Downsview, Ont.)
NGUYEN-XIEN (Hanoi)	WIRTH E. (Pécs)
PÉCZELY GY. (Szeged)	

Elnök – Chairman of the Editorial Board:

MÉSZÁROS ERNŐ (Budapest)

Szerkesztő – Editor:

LŐRINCZ ANNA (Budapest)

Szerkesztőség: Budapest, Postafiók 38. 1525

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. 85. évf. 6. szám. 1981. november–december
Journal of the Hungarian Meteorological Service. Vol. 85. No. 6. Nov.–Dec. 1981, Budapest

On the planning of precipitation chemistry networks. II. Sulfate data; case of randomly distributed stations

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

On the planning of precipitation chemistry networks, II. Sulfate data; case of randomly distributed stations. The purpose of this study is to determine the required density of a network of randomly distributed stations measuring the sulfate wet deposition and concentration in precipitation. A simple Monte-Carlo method is combined with the optimum interpolation and optimum averaging, whereby the mean number of stations necessary for a given area can be estimated. The network density is determined in such a way that it should provide the areal average of the annual SO_4^{2-} deposition with an error of 10%.

The corresponding error limit for both the areal average of the monthly SO_4^{2-} deposition and the interpolation of the monthly SO_4^{2-} concentration in precipitation is chosen to be 25%. It is found that the network densities required by the deposition and concentration measurements are different and also change from season to season. According to the calculations, the required number of stations per unit area decreases as the area increases, therefore it seems to be advantageous to take into account stations in an area as large as possible.

*

Csapadékkémiai mérőhálózatok tervezése. II. Szulfát adatok; véletlen eloszlású állomáshálózat. A tanulmány célja a szulfát nedves ülepedését és a csapadékvíz szulfát koncentrációját mérő véletlen elrendezésű állomáshálózat sűrűségének meghatározása. Összekapcsolva az optimális interpoláció és az optimális közepelés módszerét egy egyszerű Monte-Carlo módszerrel, becsülhető az adott területre szükséges állomások átlagos száma. Az állomássűrűséget úgy határoztuk meg, hogy lehetővé tegye az évi szulfát depozíció területi értékeinek 10, a havi depozíció területi és a havi koncentráció pontbeli értékeinek 25%-os pontosságú meghatározását. Megállapítottuk, hogy az ülepedés és koncentráció mérések eltérő állomássűrűséget igényelnek, és az adott területre szükséges állomások száma évszokról évszakra is változik. A számítások szerint adott pontosság mellett az egységnyi területre jutó állomások száma a vizsgált terület növekedésével csökken, ezért célszerű az interpolálásnál ill. a területi közepelésnél a lehetséges legnagyobb területet figyelembe venni.

*

Introduction. One of the most important tasks of atmospheric chemistry is to study the atmospheric cycle and transport of different natural and anthropogenic trace constituents. These studies cannot be realized without a well-organized precipitation chemistry network. However, the network density necessary for a certain purpose is an open question. For the reason a program has been initiated in our institute to estimate the density of stations required

* It is to be noted that in the paper cited there is a misprint. The correct form of formula (1) is the following:

$$w_i = p_i - \left[\left(\sum_{i=1}^N p_i - 1 \right) \middle/ \sum_{i=1}^N p'_i \right] p'_i$$

to measure the concentration and wet deposition of constituents in precipitation with a pre-determined accuracy.

The first results of this program, concerning the density of uniformly distributed stations in a network established to monitor the wet deposition and concentration of sulfate ions, were presented in a previous paper (Haszpra, 1980). According to Polishchuck's (1967) calculations, with a given number of stations it is the uniformly distributed network which provides the most accurate results for a certain area. In practice, however, such a distribution cannot be realized, partly because of the siting criteria of sampling stations (WMO, 1974), and partly owing to technical and personnel constraints. If the spatial statistical structure of the constituent in question is known, the density of randomly distributed stations, more suitable for real conditions, can also be calculated. The aim of this paper is to present the results of such a calculation carried out for sulfate ions.

1. Theoretical considerations

For a given purpose, a station density is needed which provides data with required accuracy for any point or area of the field. In other words, the accuracy of the interpolation for any point, or of the averaging for any area, cannot be less than that required for the specified purpose.

The error of the interpolation and areal averaging considerably depends on the method used. In our study the method chosen is such that the interpolation (or averaging) error, characterized by the mean quadratic deviation of the interpolated (or averaged) values from the real ones, is a minimum. The procedures, called the optimum interpolation and optimum averaging method, are reviewed in detail in the previous paper (Haszpra, 1980)* on the basis of the works of Gandin (1963) and Kagan (1967). For the determination of the error, knowledge of the spatial statistical structure of this fields concerned is needed (mean value, standard deviation and spatial correlation function). In the case of sulfate concentration in precipitation and sulfate wet deposition fields, the statistical parameters are available from our previous calculations made for uniformly distributed networks. These calculations were based on data gained in the Swedish network at 19 stations working with bulk collectors.

If the spatial statistical structure of a certain meteorological field is known, the interpolation error and the averaging error (for a given area) depend on the location and number of stations (for further details, see Haszpra (1980). Supposing that the stations can be located at any point of the area with the same probability, the mean interpolation and averaging error can be determined by the $2N$ -fold integral of the error function $\varepsilon^2(x_1, y_1, \dots, x_N, y_N)$:

$$\overline{\varepsilon^2} = \frac{1}{SN} \int \dots \int \varepsilon^2(x_1, y_1, \dots, x_N, y_N) dx_1 dy_1 \dots dx_N dy_N, \quad (1)$$

where N and S are the number of stations and the surface of the area, respectively, while x_i and y_i are the co-ordinates of the i th station.

Since the relation between ε^2 and the station co-ordinates is very complicated, the value of the integral in Eq. (1) is determined numerically by a Monte-Carlo method. This is done in the following way. The co-ordinates of N stations are produced by a random number generator, supposing that the stations can be located at any point of the area with the same

probability, then ε^2 value is calculated. This calculation is repeated in n cases and the obtained error values are averaged:

$$\bar{\varepsilon}_n^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 \quad (2)$$

Figure 1 shows the calculated $\bar{\varepsilon}^2$ values as a function of n . It can be seen that, according to the law of large numbers, with increasing n , $\bar{\varepsilon}^2$ stochastically converges to the expected value of ε^2 .

Since the standard deviation of ε^2 has a finite value, the accuracy of the estimation of the expected value from n cases and the necessary number

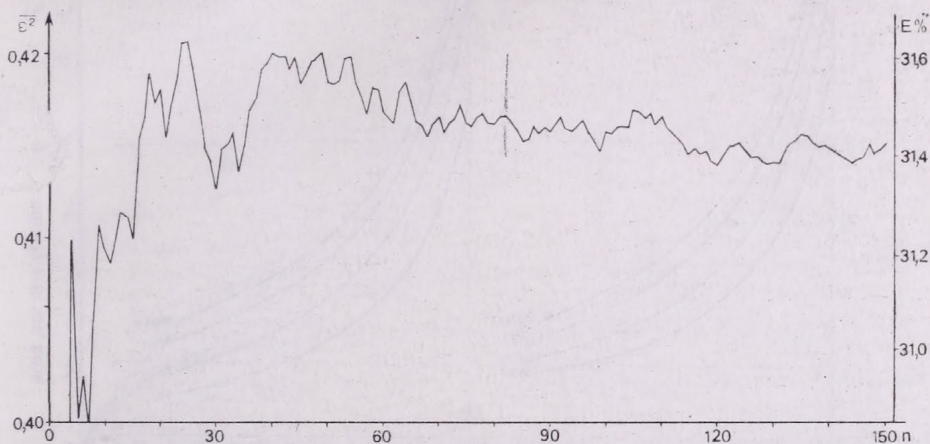


Fig. 1: Stochastic convergence of $\bar{\varepsilon}^2$ (one station in an area of 100×100 km², in spring)

of cases for a given accuracy can be determined. This determination is based on the central limit theorem according to which if n is great, the expected value is found in the interval of $[(\bar{\varepsilon}_n^2 - \lambda D(\varepsilon^2)/\sqrt{n}); (\bar{\varepsilon}_n^2 + \lambda D(\varepsilon^2)/\sqrt{n})]$ with the probability of $2 \Phi(\lambda) - 1$ (Freiberger and Grenander, 1971), where $\Phi(\lambda)$ is the distribution function of the standardized normal distribution and $D(\varepsilon^2)$ denotes the standard deviation of ε^2 .

For the calculation of the interpolation error in the case of SO_4^{2-} concentration in precipitation, the value of n is determined in such a way that the estimated value of the relative interpolation error ($E\%_0 = \varepsilon \cdot \sigma_t / \bar{f}$) should not deviate from the real value more than $\pm 1\%$ with a probability of 0.5. The calculations of the accuracy for a real average value of sulfate wet deposition need significantly more computer time. Therefore, for these calculations the corresponding figure is $\pm 3\%$.

2. Results

In the case of monthly SO_4^{2-} concentration in precipitation, our purpose is to determine, from data of a randomly distributed station network, the

accuracy of the interpolation that can be made for a given point and, second, the number of stations necessary in an area to attain a certain accuracy.

For this reason, for different numbers of stations (N) and circular areas with different radii (r) the errors of interpolation for the center points of the areas are estimated by the above mentioned method. The results can be seen in *Fig. 2a-d*. From these figures the mean accuracy of interpolation for the center of a circle with radius r can be determined. Furthermore, the mean number of stations necessary in a circular area with radius r to ensure that the error of interpolation at the center does not exceed a specified value can also be estimated. This critical value for the sulfate concentration in

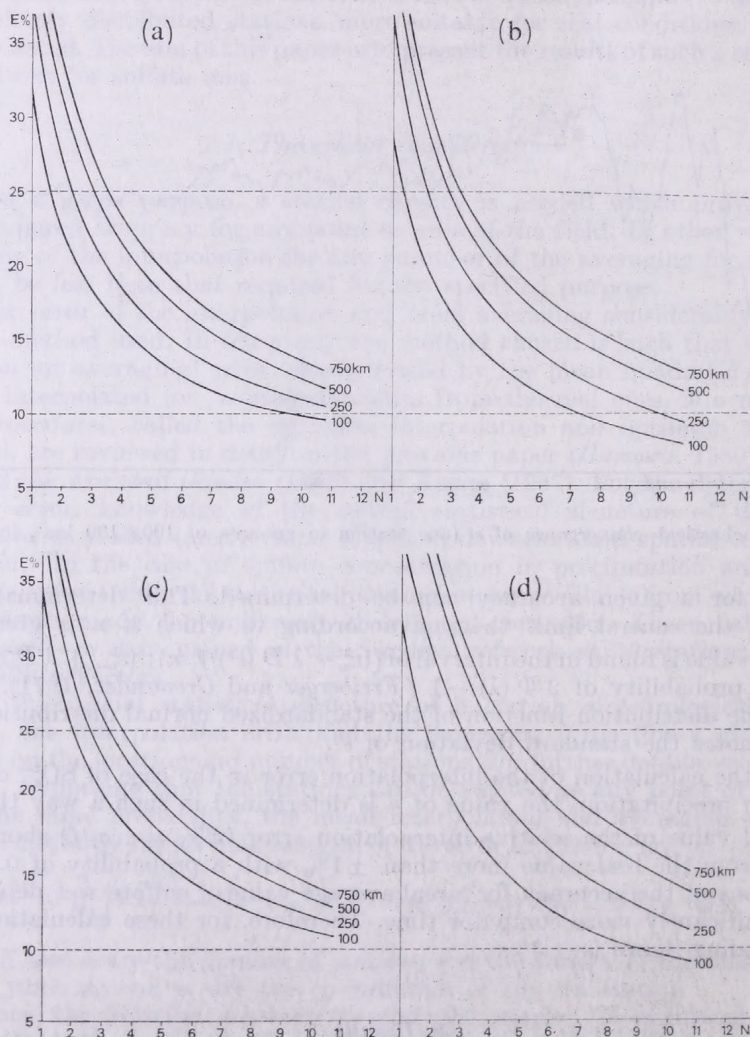


Fig. 2 : Mean interpolation error of monthly SO_4^{2-} concentration values in the case of randomly distributed stations located within a circle as a function of the circle radius and the number of stations. (a) Spring, (b) summer, (c) fall, (d) winter

precipitation water is chosen to be 25%, like in our previous calculation (Haszpra, 1980). This accuracy was selected, partly because it is satisfactory for a number of purposes, and partly because it can be obtained with a realistically dense network.

It is obvious that as the area increases more stations are needed, but, according to the calculations, the number of stations increases only slowly with area. In other words, the area per one station increases as it is shown in Fig. 3. This means that on a larger area a more economical network can be established. However, the size of the area is limited for at least two reasons. On one hand, the SO_4^{2-} concentration field cannot be considered homogeneous

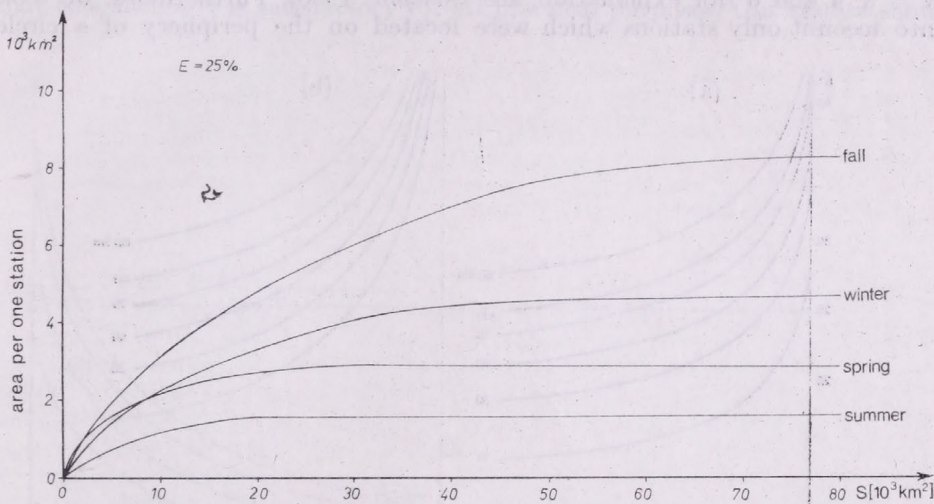


Fig. 3: The area per one station as a function of the size of the homogeneous region

on a larger scale because of its spatial variability caused by different geographical and meteorological conditions, and so our mathematical method cannot be applied. On the other hand, it is not worth increasing the area too much, since the data obtained at stations far from the center give very little information for the variable in the center, and therefore the area per one station (its reciprocal value being the network density) hardly changes with increasing area (see Fig. 3).

The spatial statistical structure of the SO_4^{2-} deposition and concentration fields change from season to season due to changes in the meteorological conditions and some other factors. Therefore, for different seasons different network densities would be necessary. In practice a network has to satisfy the requirements in all seasons. The result for the summer months must be disregarded, since the parameter values (e.g. an observational random error of 44%) obtained for the statistical structure of the SO_4^{2-} concentration field indicate that the mathematical method cannot be used for these months. This is probably a result of the inhomogeneity of the field of sulfate concentration in precipitation during summer-time.

It follows from Figs 2a, c, d and 3 that the most dense network is needed for spring. The number of stations needed for a given area can be

determined from *Fig. 2a*. According to *Fig. 3* we get the most economical network if $S > 25,000 \text{ km}^2$ ($r > 90 \text{ km}$). In this case the area per one station is about $2,800 \text{ km}^2$.

Unfortunately, we have no information about the spatial statistical structure of the SO_4^{2-} concentration in precipitation water over Europe except for Scandinavia, but if we suppose that it is the same all over the continent, about 3,800 precipitation chemistry stations would have to be located in Europe ($10.6 \times 10^6 \text{ km}^2$).

In the case of uniformly distributed stations the corresponding figure was only a bit less (*Haszpra, 1980*). The reason for this is that in our previous study the network was regular, we studied only the cases with station numbers $N = 3, 4$ and 6 (for explanation, see *Haszpra, 1980*). Furthermore, we took into account only stations which were located on the periphery of a circle

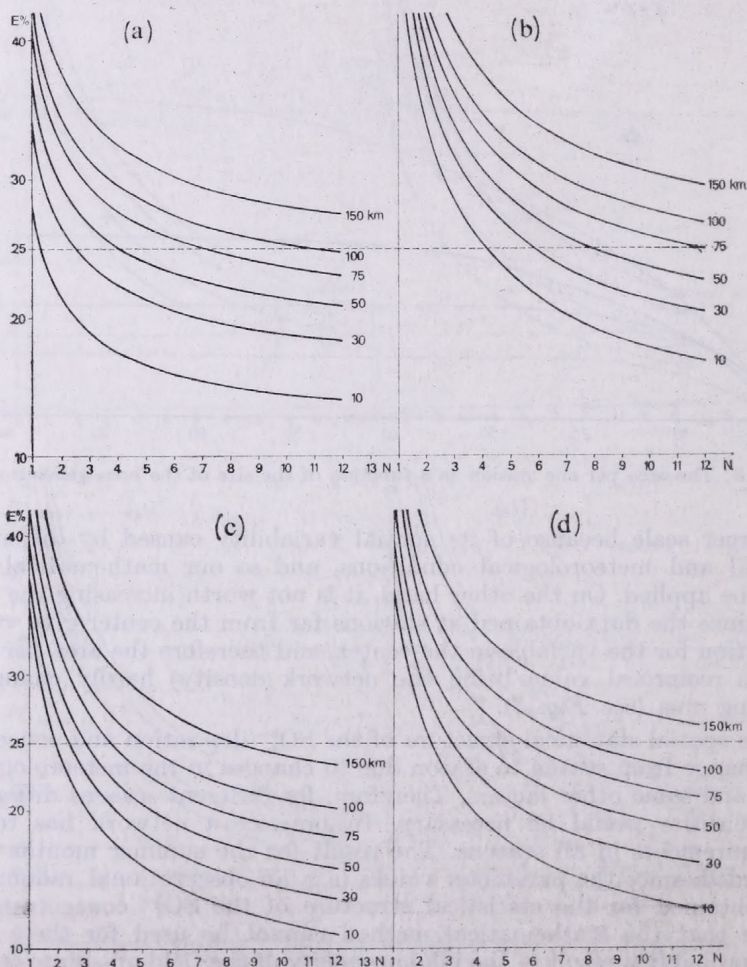


Fig. 4: Mean averaging error of monthly SO_4^{2-} deposition values in the case of randomly distributed stations located within a square area as a function of the length of the square-side and the number of stations. (a) Spring, (b) summer, (c) fall, (d) winter

with radius r and did not deal with the information gained from more distant stations.

In the case of the monthly and annual SO_4^{2-} wet deposition our purpose is to estimate the mean accuracy of averaging for a given area, the data of a randomly distributed network and, on the other hand, the mean number of stations necessary to attain a pre-determined accuracy.

In *Fig. 4a-d* and *5* the expected value of the error of averaging for an area is shown as a function of the number of stations and the length of the side of a square area. By means of these figures we can answer both of the above questions. As in our previous calculation (*Haszpra, 1980*) 10 % is used as an acceptable maximum error in annual wet deposition calculations. It is believed that this accuracy is satisfactory for all practical purposes. Our results show

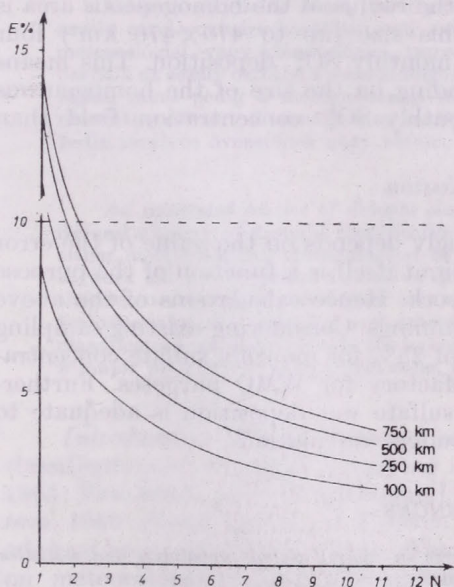


Fig. 5: Mean averaging error of annual SO_4^{2-} deposition values in the case of randomly distributed stations located within a square area as a function of the length of the square-side and the number of stations

that the annual SO_4^{2-} deposition can be determined with the above accuracy if one station is located in an area of $180 \times 180 \text{ km}^2$. The accuracy is the same if two stations are established in an area of $700 \times 700 \text{ km}^2$. The number of stations necessary for a larger area, which is generally not homogeneous, depends on the manner of division of the larger area into smaller homogeneous ones.

Comparison of our present results with those in the former publication indicates that the error of the areal average is roughly 1.5 times higher for a randomly distributed network than for a uniformly distributed station configuration. Since in the case of monthly SO_4^{2-} deposition a small decrease in the averaging error significantly increases the number of stations necessary for a given area (see *Table I* in *Haszpra, 1980*), the requirement of the 10 % accuracy would result in an unrealistic network density (*Fig. 4a-d*). Therefore, in this case it seems to be practical to apply the accuracy of 25 % used for the SO_4^{2-} concentration field.

In the case of SO_4^{2-} deposition, the statistical structure of the summer months does not differ significantly from that for the other months. The probable reason for this is that the amount of precipitation and the SO_4^{2-} concentration in precipitation water vary inversely (cf., e.g., Horváth, 1978). Therefore the inhomogeneity of the deposition field is less than that of the precipitation and the concentration field alone.

It follows from the results of calculations plotted in Fig. 4a-d that, even by using an error limit of 25 %, for the fall months a very dense network is needed. Taking into account the above requirement for all the seasons, for an area of $100 \times 100 \text{ km}^2$ on an average two stations are necessary. For an area of $250 \times 250 \text{ km}^2$ and $470 \times 470 \text{ km}^2$, three and four stations are necessary, respectively.

On the basis of this calculation it is found that one station is required in an area of $2,800 \text{ km}^2$ for the SO_4^{2-} concentration measurements with an error of 25 % even in the most optimal case (the radius of the homogeneous area is larger than 90 km). In an area of this size (up to $470 \times 470 \text{ km}^2$) four stations are necessary to measure the monthly SO_4^{2-} deposition. This means that 10–20 times more stations (depending on the size of the homogeneous areas) are needed to determine the monthly SO_4^{2-} concentration field than the deposition one.

3. Conclusion

The network density required strongly depends on the value of the error limit which can be accepted. The error limit itself is a function of the purpose of a given precipitation chemistry network. Hence calculations of the above type are recommended in all network plannings. Considering existing sampling and analytical difficulties, an accuracy of 25% for monthly sulfate concentration and deposition appear to be satisfactory for WMO purposes. Furthermore, an accuracy of 10% for annual sulfate wet deposition is adequate to satisfy all the requirements of sulfur budget calculations.

REFERENCES

- Freiberger, W. and Grenander, U., 1971: *A course in computational probability and statistics*. Springer, New York – Heidelberg – Berlin.
- Gandin, L. S., 1963: *Objective analysis of the meteorological fields* (in Russian). Gidrometeoizdat, Leningrad.
- Haszpra, L., 1980: On the planning of precipitation chemistry network. I. Sulfate data; case of uniformly distributed stations. *Időjárás* 84, 121–129.
- Horváth, L., 1978.: A csapadékvíz kémiai összetétele és a légköri nyomanyagok deponíciója Budapest. *Időjárás* 82, 211–224.
- Kagan, R. L., 1967: Some problems of interpretation of precipitation measurement data (in Russian). *Trudy GGO* 208, 64–75.
- Polishchuck, A. I., 1967: On the problem of averaging precipitation measurement data (in Russian). *Trudy GGO* 208, 76–87.
- WMO, 1974: WMO operations manual for sampling and analysis techniques for chemical constituents in air and precipitation. *WMO*, 299.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 85. évf. 6. szám. 1981. november–december
Journal of the Hungarian Meteorological Service. Vol. 85. No. 6. Nov.–Dec. 1981, Budapest

An integrated scheme of drought classification; a case study for an Indian arid zone

B. V. RAMANA RAO, A.S.R.A.S. SASTRI and Y. S. RAMA KRISHNA,
Central Arid Zone Research Institute, Jodhpur, India

Integrált eljárás az aszály osztályozására; esettanulmány India aszályos övezetére. Az aszály osztályozására korábban már számos eljárást javasoltak. Ezek az eljárások vagy meteorológiai, vagy klimatológiai, vagy mezőgazdasági szempontokat vettek figyelembe. Szerzők az aszály osztályozására kidolgozott módszerükbe mind a meteorológiai és klimatológiai, mind pedig a mezőgazdasági tényezőket bevonták. Ezt az integrált eljárásnak nevezett módszert alkalmazták az aszály mértékének és kiterjedésének tanulmányozására India aszályos övezetének nagy részén, Nyugat-Rajasthanban, 1979–1980-ban.

*

An integrated scheme of drought classification. A case study for an Indian arid zone. Several schemes of drought classifications have been proposed earlier. They are, however, either meteorological, climatological or agricultural. In this paper an attempt is made to work out an integrated scheme of drought classification in which the overall effect of the meteorological, climatological and agricultural aspects is considered in a given region for examining the intensity and extent of drought. This integrated scheme of drought classification was used to study the intensity and extent of drought over western Rajasthan, a major part of the Indian arid zone, during the years 1979 and 1980.

*

Introduction. Though a great number of literature data are available on the classification of droughts of varying intensities (*Subrahmanyam*, 1967; *Palmer*, 1965; *Van Bavel*, 1953; *Krishnan and Thanvi*, 1971; *George and Kalyana Sundaram*, 1969; *Sastri and Rama Krishna*, 1980), no universally acceptable method has been developed so far. The existing classifications are based either on meteorological, or climatological, or agricultural points of view only. Therefore, now an attempt has been made to develop an integrated drought classification, in which the overall effect of the meteorological, climatological and agricultural droughts can be projected as a single drought unit. Such integrated drought classification would help in assessing the intensity and extent of drought prevailing in a given region.

In this integrated drought classification the meteorological drought signifies the amount of rainfall received in a year, while the climatological drought signifies the distribution of the rainfall in time in relation to the water demand or the potential evapotranspiration, on the basis of the departure from the normal aridity index defined by *Subrahmanyam* (1967). The agricultural drought signifies the water stress conditions prevailing during the different growth stages of a crop.

1. Definitions and methods

Meteorological drought (M) is classified on the basis of the percentage departure of the annual rainfall from its normal value as given below:

Percentage departure of annual rainfall from normal	Drought condition	Code
0 or above	No drought	M ₀
0 to -25	Mild drought	M ₁
-25 to -50	Moderate drought	M ₂
-50 or more	Severe drought	M ₃

Climatological drought (C) is classified according to *Subrahmanyam's* (1967) suggestion which was modified later by *Sastri and Rama Krishna* (1980) to suit the Indian arid zone conditions as follows:

Departure of aridity index from normal	Drought condition	Code
0 to less	No drought	C ₀
0 to 1/2	Mild drought	C ₁
1/2 to 1	Moderate drought	C ₂
1 and above	Severe drought	C ₃

For the classification of *agricultural drought* intensities during different phenophases of crop growth, the growing season has been divided into seedling (S), vegetative (V) and reproductive (R) stages. The average value of the ratio of actual evapotranspiration to potential evapotranspiration, *AE/PE*, during each stage of growth was considered as follows:

Average value of <i>AE/PE</i> during each stage of crop growth	Drought condition	Code		
		Seedling	Vegetative	Reproductive
0.75 to 1.00	No drought	S ₀	V ₀	R ₀
0.50 to 0.75	Middle drought	S ₁	V ₁	R ₁
0.25 to 0.50	Moderate drought	S ₂	V ₂	R ₂
0.25 or less	Severe drought	S ₃	V ₃	R ₃

Based on the above criteria, a region having no meteorological drought, mild climatological drought, and no agricultural drought at the seedling and vegetative stages and severe drought in the reproductive stage, can be denoted as M₀ C₁ (S₀ V₀ R₃).

A situation of these types indicates that though rainfall was normal or above it, mild climatological drought conditions prevailed as a result of uneven distribution affecting the crop during the reproductive stage.

This can be called a "Unified drought code" in which the meteorological, climatological and agricultural drought conditions in different stages are depicted together.

The agricultural drought code consisting of three letters can be combined into a single code, and the unified drought code can be integrated into a single drought code which projects the overall picture of drought.

For further simplification of the agricultural drought code, the region and the crop are to be specified, as the agricultural drought intensities vary not only from region to region, but also from crop to crop.

For example, in western Rajasthan comprising a major portion of the Indian arid zone (*Table I*), pearl millet (of about 90-100 days duration) is

TABLE I
The annual rainfall, annual PE and aridity indices of 11 stations in western Rajasthan

Station	Annual rainfall (mm)	Annual potential evapotranspiration (mm)	Aridity index	Climate
Barmer	314.0	1858	85.5	Extremely arid
Bikaner	306.1	1771	83.4	Extremely arid
Churu	367.6	1580	76.9	Arid
Ganganagar	303.3	1662	86.8	Extremely arid
Jaisalmer	178.5	2063	91.0	Extremely arid
Jalore	363.0	1561	77.9	Arid
Jhunjhunu	387.4	1572	74.0	Arid
Jodhpur	366.0	1843	80.4	Extremely arid
Nagaur	309.9	1639	81.1	Extremely arid
Pali	411.0	1650	75.3	Arid
Sikar	441.4	1503	69.7	Arid

the major rain-requiring crop. For an analysis of the agricultural drought for pearl millet in western Rajasthan, 11 weeks of the growing season was considered with 3 weeks in the seedling stage (S), and four weeks each in the vegetative (V) and reproductive (R) stages, disregarding the maturity stage during which the drought might not affect the crop yields adversely.

For a simplification of agricultural drought for pearl millet in western Rajasthan, the following procedure is adopted based on the assumptions:

(i) The intensity of agricultural drought for pearl millet is zero (A_0) even if mild drought occurs in no more than any two stages of growth.

(ii) The intensity of drought for pearl millet is mild (A_1) when mild or no drought conditions prevail in the seedling and vegetative stages of growth, followed by moderate or severe drought conditions in the reproductive stage, or mild drought conditions prevail during all the stages of growth. Under such conditions only short duration pulse crops will not be affected by drought.

TABLE II
Drought conditions during 1979 and 1980 in western Rajasthan

Station	Year 1979			Year 1980		
	Unified drought code	Agricultural drought	Integrated drought code	Unified drought code	Agricultural drought	Integrated drought code
Barmer	$M_2C_1(S_3V_1R_3)$	A_3	D_2	$M_3C_3(SV_3R)$	A_3	D_3
Bikaner	$M_2C_2(S_2V_3R_2)$	A_3	D_3	$M_3C_3(S_3V_3R_3)$	A_3	D_3
Churu	$M_3C_3(S_3V_3R_3)$	A_3	D_3	$M_3C_3(S_0V_1R_2)$	A_1	D_3
Ganganagar	$M_2C_2(S_3V_3R_3)$	A_3	D_3	$M_3C_3(S_3V_3R_3)$	A_3	D_3
Jaisalmer	$M_0C_0(S_1V_3R_3)$	A_3	D_1	$M_2C_2(S_3V_3R_3)$	A_3	D_3
Jalore	$M_0C_0(S_0V_0R_2)$	A_1	D_1	$M_3C_3(S_1V_3R_3)$	A_3	D_3
Jhunjhunu	$M_2C_3(S_1V_2R_3)$	A_2	D_3	$M_2C_2(S_0V_0R_2)$	A_1	D_2
Jodhpur	$M_0V_0(S_1V_1R_2)$	A_1	D_1	$M_1C_1(S_1V_3R_2)$	A_3	D_2
Nagaur	$M_1C_1(S_0V_3R_1)$	A_3	D_2	$M_2C_2(S_1V_3R_3)$	A_3	D_3
Pali	$M_0C_0(S_0V_1R_3)$	A_1	D_1	$M_2C_2(S_0V_1R_3)$	A_1	D_2
Sikar	$M_2C_2(S_0V_2R_2)$	A_2	D_2	$M_0C_1(S_1V_0R_1)$	A_0	D_1

(iii) The intensity of drought for pearl millet is moderate (A_2) when moderate drought occurs during one or two stages of growth with no severe drought in any of the stages, or when severe drought occurs during the seedling stage with mild or no drought during the remaining two stages of crop growth. Under such conditions only natural grasses will not be affected by drought.

(iv) The intensity of agricultural drought is severe (A_3) when severe drought occurs during the vegetative stage or moderate or severe drought during any two stages of growth. In such situations even the production of grassland will be affected by drought.

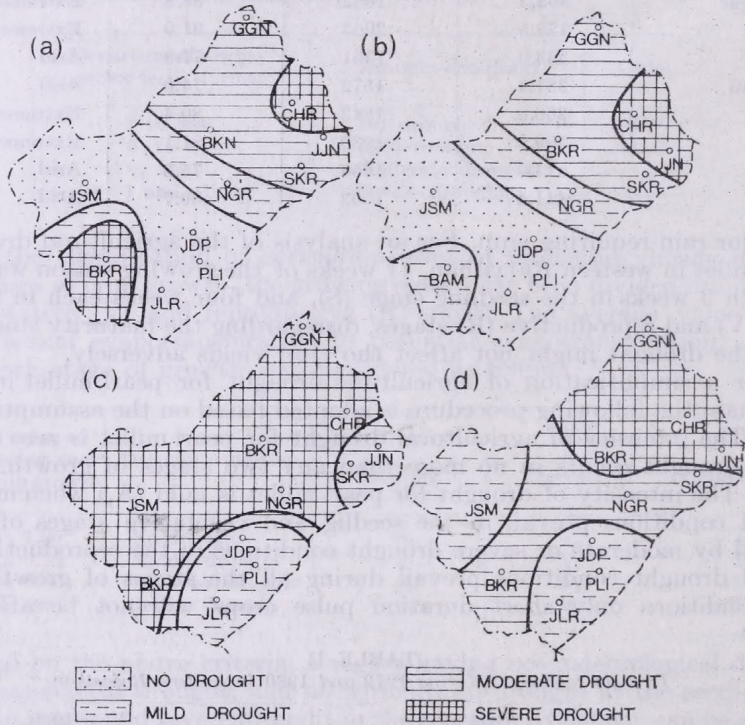


Fig. 1: Drought conditions during 1979; (a) meteorological drought, (b) climatological drought, (c) agricultural drought, (d) integrated drought

Thus the code mentioned earlier $MOC_1 (S_0 V_0 R_3)$ is simplified as $M_0 C_1 A_1$, indicating that under arid zone conditions in India in such situations only short duration pulse crops and grasslands are not affected by droughts.

The integrated code for classification of drought to project the combined effect of meteorological, climatological and agricultural droughts is obtained by summing up the numerals suffixed to the three categories of drought:

Scale (Sum of numerals suffixed)	Drought condition	Integrated code
0	Nil	D_0
1 to 3	Mild	D_1
4 to 6	Moderate	D_2
7 to 9	Severe	D_3

To illustrate the applicability of the integrated scheme of drought classification, the drought conditions during 1979 and 1980 over western Rajasthan were analysed as a case study.

The daily rainfall data recorded at 11 stations representing the 11 districts in western Rajasthan were considered for this study (*Table I*). The potential evapotranspiration values were computed by *Penman's* (1948) method using

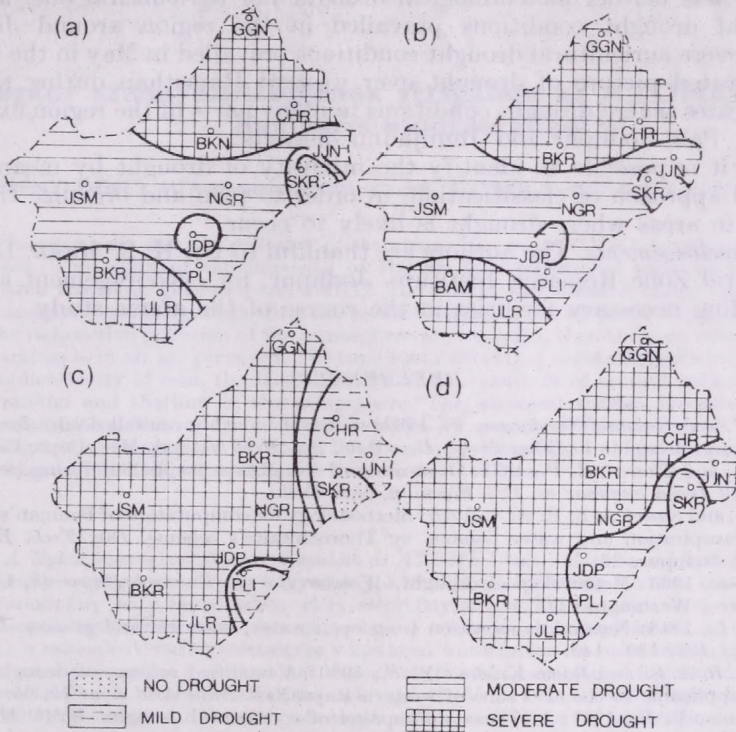


Fig. 2: Drought conditions during 1980; (a) meteorological drought, (b) climatological drought, (c) agricultural drought, (d) integrated drought

the tables prepared by *Krishnan and Sastri* (1978). The weekly water balance computations were carried out using the book-keeping procedure of *Thornthwaite and Mather* (1955).

2. Results and discussion

The drought conditions during the years 1979 and 1980 in respect of the eleven stations in western Rajasthan are given in *Table II* in the coded form.

The spatial distribution of (a) meteorological, (b) climatological, (c) agricultural and (d) integrated drought conditions for the years 1979 and 1980 are shown in *Figs 1* and *2*, respectively. The meteorological and climatological drought intensities are almost identical in the same year during 1979 and 1980. The region comprising Jodhpur, Pali, Jalore and Jaisalmer districts experienced no drought meteorologically and climatologically during 1979. Mild

agricultural drought prevailed in the region consisting of Jalore, Pali und Jodhpur districts and moderate agricultural drought prevailed in the Sikar and Jhunjhunu districts. The integrated picture of drought during 1979 over western Rajasthan indicates that severe drought conditions prevailed in the northern regions of Ganganagar, Churu, Bikaner and Jhunjhunu districts.

During the year 1980, mild climatological drought prevailed around Sikar and there was neither meteorological drought nor agricultural one. Mild climatological drought conditions prevailed in the region around Jodhpur, whereas severe agricultural drought conditions prevailed in May in the regions. The integrated picture of drought over western Rajasthan during the year 1980 indicates severe drought conditions in many parts of the region excluding the Sikar, Pali, Jodhpur and Jhunjhunu districts.

Thus it is possible to identify the intensity of drought by means of an integrated approach of classification, in order to plan and organize the relief measures in areas where drought is likely to occur.

Acknowledgements. The authors are thankful to Dr. H. S. Mann, Director, Central Arid Zone Research Institute, Jodhpur, for encouragement and also for providing necessary facilities in the course of the above study.

REFERENCES

- George, C. J. and Kalyana Sundaram, V., 1969: A use of monthly rainfall deciles for assessing agricultural droughts in Bihar State. *Pre. Publ. Sci. Rep. 96*, Ind. Met. Dept. Poona.
- Krishnan, A. and Thanvi, K. P., 1971: Occurrence of droughts in Rajasthan during 1941-1960. *Proc. All India Seminar on Dry Farming*. New Delhi.
- Krishnan, A. and Sastri, A. S. R. A. S., 1978: Methodology for computation of Penman's potential evapotranspiration and water balance by Thornthwaite's scheme. *Div. Tech. Bull. 1/78*, CAZRI, Jodhpur, 26.
- Palmer Wyneec, 1965: Meteorological drought. *Weather Bureau Research Paper 45*, U.S. Dept. Commerce, Washington D.C.
- Penman, H. L., 1948: Natural evaporation from open water, bare soil and grasses. *Proc. Roy. Soc. (A) 193*, 120-145.
- Sastri, A. S. R. A. S. and Rama Krishna Y. S., 1980: A modified scheme of drought classification applicable to the arid zone of western Rajasthan. *Ann. Arid Zone 19*, 65-72.
- Subrahmanyam, V. P., 1967: Incidence and spread of continental drought. *WMO/IHD report 2*, WMO, Geneva.
- Thornthwaite, C. W. and Mather, J. R., 1955: The water balance. *Climatology*. Drexel Inst. Tech. 8, 1-104.
- Van Bavel, C. H. M., 1953: A drought criterion and its applications in evaluating drought incidence and hazard. *Agro. Jour. 45*, 165-172.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 85. évf. 6. szám. 1981. november–december
Journal of the Hungarian Meteorological Service. Vol. 85. No. 6. Nov.–Dec. 1981, Budapest

A légtör szennyezettségének vizsgálata az ATOMKI-ban nukleáris módszerekkel*

BERÉNYI DÉNES, MTA Atommag Kutató Intézete (ATOMKI), H-4001 Debrecen, Pf. 51.

Investigations into the pollution of the atmosphere in ATOMKI by means of nuclear methods. The study of the impurity of the air is a traditional topic in the Nuclear Research Institute, Debrecen (ATOMKI). The results and research under way are given in this survey concisely, neglecting the technical details, in two parts. Firstly, the studies on the radioactive pollution of the atmosphere are regarded, then those on non-radioactive contaminants in air are surveyed. The topics on radioactive contaminations are as follows: the radioactivity of rain, the Kr-85 content of air, members of natural radioactive series of uranium and thorium in the atmosphere. The surveyed themes for non-radioactive air pollution are the study of aerosol samples by means of Van de Graaff accelerator, investigations of impurities of the air by electron spectroscopy and lead contaminations in air measured by radioisotope X-ray fluorescence analysis.

*

A légtör szennyezettségének vizsgálata az ATOMKI-ban nukleáris módszerekkel. A levegő szennyezettségének mérése hagyományos témája az Atommag Kutató Intézetnek. Jelen tanulmány az e témakörben elért eredményeket és folyamatban levő vizsgálatokat két csoportban tekinti át röviden, a technikai részletek elhanyagolásával: az első részben a légtör radioaktív szennyezettségére vonatkozó kutatásokat, a másodikban a nem radioaktív szennyezettségre vonatkozókat. A radioaktív szennyezettséggel foglalkozó vizsgálatok a következők: az eső radioaktivitása, a levegő Kr-85 tartalma, C-14 a légtörben, az urán és tórium természetes radioaktív sor tagjai az atmoszférában; a nem radioaktív szennyezettségre vonatkozó vizsgálatok pedig: a légtör aeroszol minták összetételének tanulmányozása Van de Graaff gyorsító segítségével, a levegőszennyezés kutatása elektron-spektroszkópiai módszerrel, a levegő szennyezettségének vizsgálata a radioizotópos röntgen-fluoreszcencia analitika technikájának felhasználásával.

*

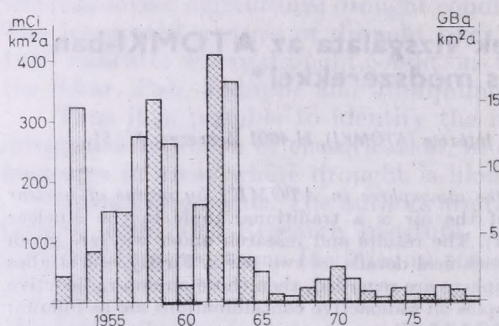
Bevezetés. Berényi Dénes professzorra, Édesapámra emlékezve, szeretném röviden áttekinteni az ATOMKI néhány eredményét, illetve folyamatban levő kutatásait a légtör tisztaságára vonatkozólag. Ezek egyikében, az eső radioaktivitására vonatkozó mérések meteorológiai értékelésében ő maga személyesen is részt vett.

A szóban forgó eredményeket és kutatásokat úgy csoportosítottam, hogy először a radioaktív légtör szennyezésekkel és azután a nukleáris módszerekkel vizsgált nem radioaktív légtör szennyezésekkel foglalkozom. Arra töreksem, hogy az intézeten elért minél több ilyen jellegű eredményt és kutatást mutassak be, illetve villantsak fel, anélkül, hogy az összkép kialakításához szükséges részletekre kitérnék.

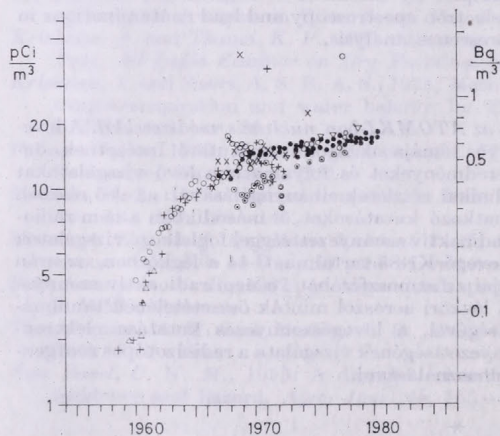
* Előadás, elhangzott néhai *id.* Berényi Dénes professzor születésének 80. évfordulóján rendezett emlékülésen Debrecenben, 1981. május 21-én.

1. Radioaktív szennyezések a légkörben

1.1. *Az eső radioaktivitásának vizsgálata.* Ezek a vizsgálatok Szalay Sándor professzor kezdeményezésére indultak el az ötvenes évek elején, Európában az elsők között. A munkába hamarosan bekapcsolódott id. Berényi Dénes is. Az első év (1952) mérési eredményeit és ezek meteorológiai értékelését 1955-ben publikálták (Szalay és Berényi, 1955).



1. ábra: Az eső-radioaktivitás ATOMKI-ben mért értékeinek évi összegei (Csongor és Hertelendi, 1980)



2. ábra: Kr-85 koncentráció a levegőben a Föld különböző részein (Csongor, 1979; Csongor, 1981)

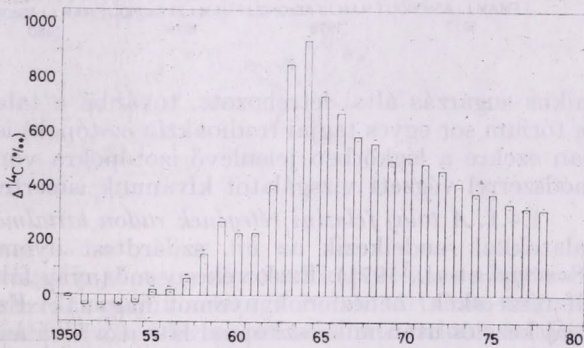
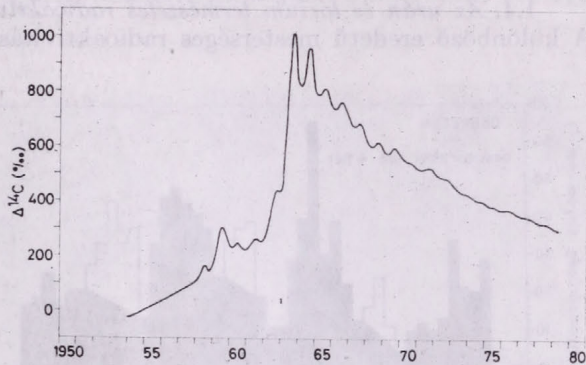
Ezek a mérések azóta is folyamatosan folynak az intézetben. Az 1. ábra összefoglalóan mutatja a mért esőaktivitásokat az évek függvényében. Ezek a mért béta-aktivitások döntő többségükben az atombomba robbantásoktól származó radioaktív atommag-hasadási termékek. Az ábrán jól látható az atomcsend egyezménynek hatása.

A legutóbbi időben főleg a kínai és a francia atombomba kísérletek hatása (néha más földalatti robbantásoké is) jelentkezik, érdekes információkat hordozva a légtömegek globális mozgásairól (lásd pl. Csongor és Hertelendi, 1980; Csongor, 1981).

1.2. *A levegő Kr-85 tartalma.* A 10,7 év felezési idejű radioaktív Kr-izotóp részben atomfegyver-kísérletek és reaktorok üzemeltetése, de főleg kiégett fűtőelemek feldolgozása (reprocesszálása) során kerül a légkörbe. Nemes gázzal

lévén szó, ez az aktivitás az esővízben nem jelentkezik és mérése, de különösen mintavétele különleges mérés technikát, illetve mintavételi eljárást kíván.

Az ATOMKI-ben 1966 óta folynak ilyen vizsgálatok és jelenleg a témának az intézet a KGST-koordinátora. Hasonló mérések viszonylag kevés helyen folynak a világon. A 2. ábra a debreceni adatokat (befekettített körökkel jelölve) mutatja be néhány más külföldi mérési eredménnyel együtt. Látható, hogy az intézeti mérési pontok jól illeszkednek a máshol mért adatok közé.



3. ábra: A légkör relatív C-14 tartalma az Északi Félgömbön (fent) és a fák évgyűrűiből Debrecenben kapott adatok (lent). A diagrammok elején jelentkező negatív értékek az adatok nemzetközileg elfogadott vonatkoztatási értékéből adódnak (Hertelendi, 1980)

Az ábra szerint a Kr-85 koncentráció a levegőben jelenleg telítést mutat, ami jelzi mind a békés, mind a katonai célú reprocesszási tevékenység viszonylag csekély voltát jelenleg Földünkön. Speciális berendezésekkel, intézkedésekkel különben a Kr-85 emissziója megszüntethető, illetve legalábbis nagymértékben csökkenthető (lásd pl. Csongor, 1979; Csongor, 1981).

1.3. C-14 koncentráció a levegőben. A viszonylag hosszú felezési idejű (5730 év) szén izotóp természetes folyamatok (kozmos sugárzás) következtében is elég tekintélyes mennyiségben keletkezik Földünk légkörében. Ehhez járul a hidrogén-bombákból eredő neutronok által termelt C-14.

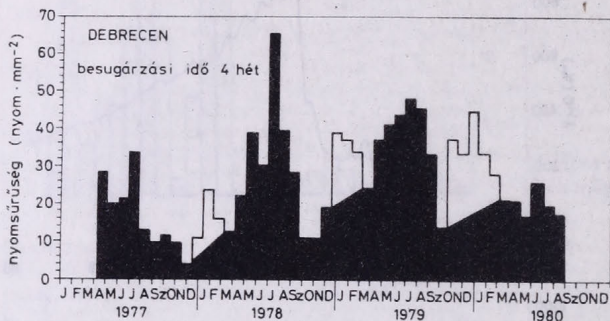
A légkörben CO₂ kémiai formában jelenlevő radioaktív szén fotoszintézis révén a növényekbe jut és így, pl. a fák évgyűrűiben felhalmozódó C-14, jellemző a környező levegő radioaktív szén tartalmára az adott évben.

A 3. ábra az ATOMKI-ben mért adatokat mutatja fák évgyűrűinek C-14 aktivitására vonatkozólag, összehasonlítva a légkör C-14 tartalmára rendelkezésére álló más módszerekkel mért adatokkal (Hertelendi, 1980 és Csongor, 1981).

A levegő C-14 koncentrációjának mérését a fák évgyűrűi segítségével jelenleg az intézetben az épülő Paksi Atomerőmű környezetében az ún. „null-szint” meghatározására alkalmazzuk. A későbbiekben is – továbbfejlesztett formában – alkalmas lesz a módszer az atomerőmű környezetében ilyen jellegű környezet-ellenőrzésre.

A mérésekből különben lehet következtetni a légkör nem radioaktív CO₂ koncentrációjára is az elmúlt évtizedekben, illetve ennek változására az évek (és a széntüzelés) függvényében.

1.4. *Az urán és tórium természetes radioaktív sor egyes tagjai a légkörben.*
A különböző eredetű mesterséges radioaktivitáson kívül a légkörben a koz-



4. ábra: A radon-koncentráció változása a felszín közeli (kb. 70 cm mélységben) talajrétegben az év különböző hónapjaiban ún. szilárdtest-nyomdetektorokkal mérve (Somogyi, 1981; Somogyi et al., 1981)

mikus sugárzás által létrehozott, továbbá a talajból a légkörbe jutott urán és tórium sor egyes tagjai (radioaktív izotópok) is jelen vannak. A továbbiakban ezekre a légkörben jelenlevő izotópokra vonatkozólag három különböző módszerrel végzett vizsgálatot kívánunk ismertetni.

1.4.1. *A talaj felszíni rétegének radon tartalma.* Az intézet gazdag tapasztalatokkal rendelkezik az ún. szilárdtest nyomdetektorokkal kapcsolatban (Somogyi et al., 1971). Ezek vékony műanyag fóliák, amelyekben a protonok, alfarészecskék, nehézionok nyomot hagynak. Ezek a nyomok megfelelő kémiai kezelés után mikroszkóppal láthatóvá válnak és a fólia felületére érkező fenti részecskék leszámíthatók. A módszer előnye, hogy igen kis aktivitások is mérhetők vele és nem okoz gondot egyes jelenségek hosszú időn keresztül történő nyomonkövetése és tanulmányozása (ami más detektortípusok esetében általában csaknem megoldhatatlan problémát jelent).

A szóban forgó detektorokat használva intézetünkben Somogyi György és munkatársai kiterjedt vizsgálatokat végeztek barlangokban és szabadföldi körülmények között (Somogyi, 1981; Somogyi et al., 1981a) a radon tartalom változásaira a talaj felszíni rétegében, 1 m-nél kisebb mélységben, ill. a barlang légterében. (Mint ismeretes a radon az urán természetes radioaktív bomlási sorának gáz halmazállapotú, alfa-sugárzó tagja.)

Mindezek a vizsgálatok fontos hozzájárulást jelentenek a természetben eljátszódnó Rn transzport-folyamatok megértéséhez, s elősegítik a talajgáz Rn-tartalmának nyomdetektoros mérésén alapuló uránkutatói eredmények értelmezését is.

A 4. ábra bizonyos periodicitást jelez a talaj felső rétegének radon koncentrációját illetően az év hónapjainak függvényében. Nyáron jelentkezik a koncentráció maximuma, télen, ill. inkább ősszel a koncentráció minimuma.

Ez a jelenség feltehetően a hőmérsékleti gradienssel magyarázható. Ennek következtében nyáron a gázok a talajból nem kifelé, hanem inkább befelé áramlanak, így a radon „benn reked” a talajban (ezért a felszíni rétegben mérhető maximum), a hidegebb hónapokban (amikor a levegő középhőmérséklete kisebb, mint a talaj megfelelő rétegében uralkodó átlagos középhőmérséklet) pedig fordítva. A koncentráció fenti változására szuperponálódik egy keskenyebb „téli csúcs” is (az ábrán fehérrel jelezve), a kifejezetten téli hónapokban, ami a talaj felszíni rétegének lefagyásával és ennek következtében a radon kiáramlás csökkenésével magyarázható (Somogyi, et al., 1981a; Somogyi et al., 1981b).

5. ábra: Maghasadásból szétrepülő hasadási termékek (közepes rendszámú izotópok) nyomai szilárdtest nyomdetektorban kb. 300-szoros nagyításban. A hasadási események reaktorban történt besugárzás hatására jöttek létre a levegőszennyezési mintában jelenlevő hasadó anyagokat (megfelelő urán, plutónium izotópok) tartalmazó szemcsékben („hot spot”). Hunyadi et al. (1981) vizsgálatai



Látható tehát, hogy a vizsgált jelenség szorosan kapcsolatos a meteorológiai körülményekkel. Másrésztől viszont a levegő radon tartalma szorosan összefügg a vizsgált jelenségekkel, hiszen a levegőben található radon a talajból, ennek mélységeiből származik. Érdeemes itt még megemlíteni, hogy méréseink szerint a barlangok zárt légterében a radon koncentráció több ezerszerese a szabadföldön, talajközelségben mérhető értékeknek.

1.4.2. *Légköri minták alfa aktivitásának és hasadó anyag tartalmának vizsgálata.* Az előzőekben (1.4.1.) már röviden tárgyalt szilárdtest-nyomdetektorok egyes béta-részecskék vagy gamma-kvantumok észlelésére nem alkalmasak, de detektálnak minden egyes alfa-részecskét, vagy kirepülő terméket, tehát az alfa-radioaktivitás, illetve igen kis alfa-radioaktív szennyezések vizsgálatára különösen alkalmasak.

Felhasználva egy másik együttműködési kutatásban (lásd később) a Központi Légkörfizikai Intézettől kapott levegőszennyezettségi mintákat és a nyomdetektor technikát, vizsgálatokat végeztünk a levegő alfa-radioaktív és hasadó anyag szennyezettségére (Hunyadi et al., 1981).

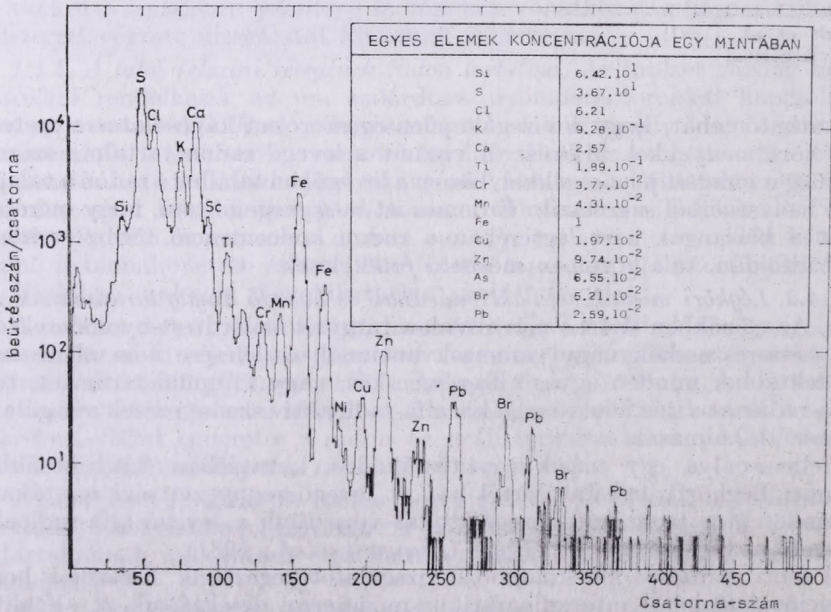
A fenti mintákon két különböző vizsgálatot végeztünk. Először is hosszú expozícióval (9 hét), autoradiografikus módszerrel detektáltuk az alfaaktivitást. A különböző minták vizsgálatából nagyságrendben tized mBq/m³ alfa-radioaktív levegőszennyezettség adódott.

I. TÁBLÁZAT

Ge(Li) detektorral szabad levegőn felvett amerikai és magyar (ATOMKI) gamma-spektrumban észlelt csúcsok

Energia (keV)		Hozzárendelés	
magyar a)	amerikai b)	izotóp	term. rád. sor
238	238	^{212}Pb	^{232}Th
295	295	^{214}Pb	^{226}Ra (^{238}U)
	338	?	
352	352	^{214}Pb	^{226}Ra (^{238}U)
511	511	^{208}Tl ?	^{232}Th + ann.
583	583	^{208}Tl	^{232}Th
609	609	^{214}Bi	^{226}Ra (^{238}U)
662	662	^{137}Cs	
728	728	^{212}Bi	^{232}Th
	768	^{214}Bi	^{226}Ra (^{238}U)
795		?	
	860	^{208}Tl	^{232}Th
	890	?	
911	911	^{228}Ac	^{232}Th
969	971	^{228}Ac	^{232}Th
1121	1120	^{214}Bi	^{226}Ra (^{238}U)

Az előbbi módszerrel már vizsgált mintákat a KFKI reaktorában neutronokkal besugároztuk és az esetlegesen bekövetkező maghasadásokat szilárdtest-nyomdetektorokkal regisztráltuk. Ha ugyanis a levegőben és így a levegőszennyezetségi mintában maghasadásra képes urán vagy tórium izotóp, esetleg transzurán van, akkor a neutron besugárzás hatására létrejön a hasadás és a szétrepülő hasadási termékek (közepes rendszámú izotópok) a nyomde-



6. ábra: Aerosol minta PIXE módszerrel felvett röntgenspektruma a mintában jelenlévő elemek azonosításával (Kiss et al., 1980)

tektorban láthatóvá válnak (lásd az 5. ábrán). A vizsgálat szerint nagyságrendben tíz ppm (milliomod-résznyi) urán-ekvivalens hasadóanyag van 1 m³ levegőben levő szilárd szennyezésben, a megfelelő urán standarddal történt összehasonlítás szerint.

A talált alfa-radioaktív és hasadóanyag-szennyezés eredete nem egyértelműen tisztázott. Nem lehet kétséges azonban, hogy a széntüzeléssel (füsttel, szálló pernyével stb.) a levegőbe kerülő radioaktivitásnak jelentős, sőt döntő szerepe van e tekintetben.

1.4.3. *Gamma-sugárzás mérése a levegőben.* Az intézetben különböző helyeken – laborokban, folyosón –, így az intézet udvarán is elhelyeztünk egy 20 cm³-es Ge(Li) gamma-detektort (Ménés és Berényi, 1974). A gamma-spektrumban talált csúcsokat összehasonlítottuk egy hasonló amerikai méréssel (Phelps et al., 1972), amelyet ugyancsak szabad levegőn egy hasonló paraméterekkel rendelkező detektorral vettek fel (I. táblázat).

A táblázat jól mutatja, hogy a gamma-csúcsok döntő többségükben azonosíthatóan a természetes radioaktív bomlási sorok egy-egy tagjától származnak, és pedig mind a magyar, mind az amerikai mérések esetében, amelyeket egymástól igen nagy távolságra, de mindkét esetben szabad levegőn és talajközelben (kb. 1 m) végeztek.

2. Nem radioaktív légköri szennyezések

Az intézetben több olyan anyagvizsgálati módszer került kifejlesztésre és eredményes felhasználásra (lásd pl. Berényi, 1979), amelyek alkalmasak a nem-radioaktív légköri szennyezések vizsgálatára.

2.1. *Nukleáris gyorsítók alkalmazása.* A nukleáris gyorsítók: Van de Graaff generátorok, ciklotronok napjainkban igen nagy szerepet töltenek be főleg a nyomszennyezők kimutatásában, analitikai vizsgálatukban (lásd pl. Deconinck, 1978).

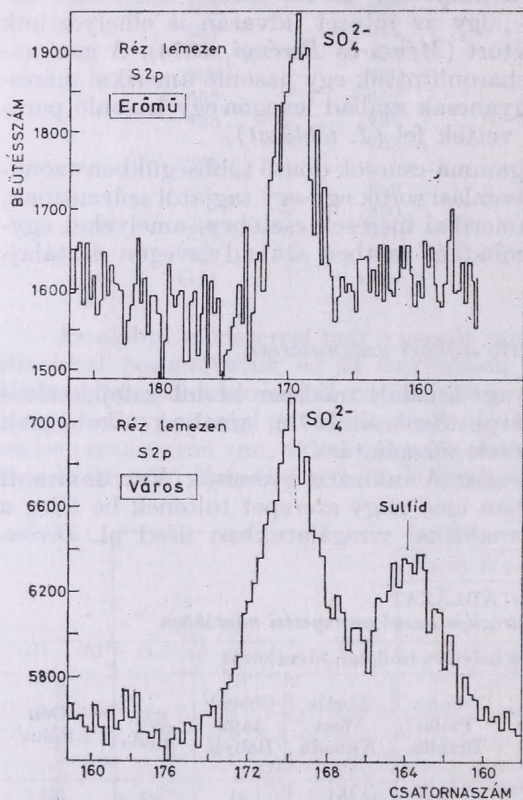
II. TÁBLÁZAT

Egyes elemek relatív koncentrációja levegő szennyezési mintákban

Elem	Mérés helye és irodalmi hivatkozás								
	Buda- pest Ma- gyaro.	Velen Svéd- ország	Land- skrona Svéd- ország	St. Louis USA	Sao Paulo Brazília	North- West Kanada	Chacal- taya Bolívia	Ber- muda	Déli Pólus
	a)	b)	b)	b)	b)	b)	c)	c)	b)
S	3,29	9,0	1,26	6,5	1,28	—	2,11	10	—
Cl	0,42	1,8	0,8	—	0,20	0,12	—	—	—
K	0,75	0,72	0,37	0,43	0,27	0,76	0,51	0,6	0,35
Ca	4,14	0,90	0,90	2,06	0,47	0,56	0,46	1,8	0,59
Ti	0,1	0,06	0,057	0,62	0,053	0,074	0,082	—	—
V	—	0,03	0,01	—	0,016	0,003	—	—	0,002
Cr	0,02	0,023	0,002	—	0,007	0,0083	—	—	0,0063
Mn	0,03	0,07	0,03	—	0,067	0,02	0,012	—	0,012
Fe	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ni	—	0,01	0,003	—	0,011	0,028	—	—	—
Cu	0,012	0,025	0,013	—	0,04	0,013	0,02	—	0,042
Zn	0,029	0,23	0,013	0,39	0,7	0,053	0,082	0,14	0,036
Br	0,009	0,03	0,009	—	0,093	0,007	—	—	0,75
Pb	0,019	0,2	0,26	0,92	0,53	—	0,057	—	0,75

a) Kiss et al. (1980) b) Lannefors et al. (1977) c) Winchester (1977)

Az ATOMKI-ben foglalkozunk – együttműködésben a Központi Légekörfizikai Intézettel – levegőszennyezési minták ún. PIXE (*particle induced X-ray emission*) analízisével. A módszer lényege, hogy a vizsgált mintákat gyorsítóban proton vagy más töltött részecske-nyalábbal besugározzuk és a keltett röntgen-sugárzás spektroszkópiai analízise alapján meghatározzuk a mintában jelenlevő elemeket. A módszer igen érzékeny, egészen jóval a ppm alatti tartományig (lásd részletesebben pl. *Johansson és Johansson, 1976*).

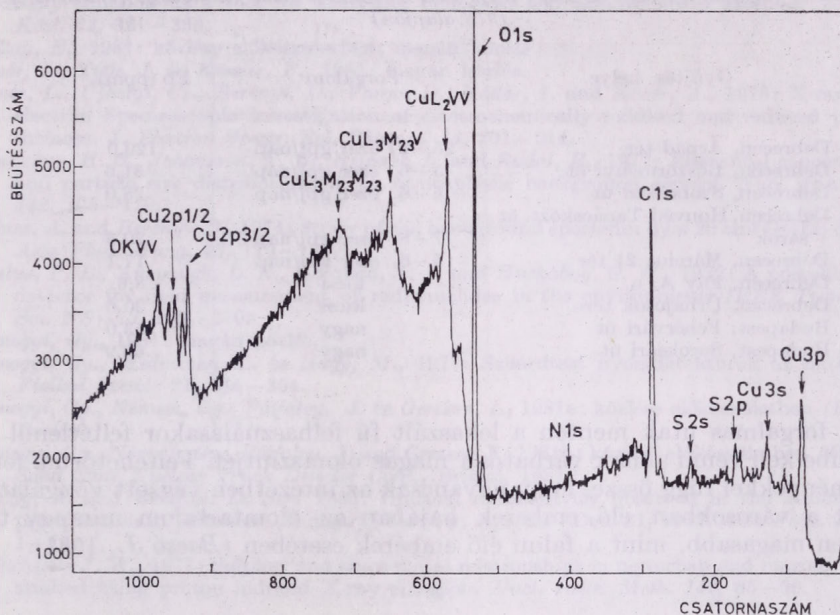


7. ábra: Lenínvárosban az erőmű közelében és a városban kített rézlemez felületén abszorbeálódott kén-szennyezés „vegyület struktúrája” fotoelektron spektroszkópia imódszerrel (XPS) mérve (*Kövér et al., 1981*)

A levegőszennyezési minták begyűjtését a Központi Légekörfizikai Intézet végezte és a PIXE mérések intézetünk 5 MV-os Van de Graaff generátorán történtek (*Kiss et al., 1980*). Egy jellemző röntgen-spektrumot mutat be a 6. ábra. A II. táblázat összehasonlítja az általunk kapott adatokat az egyes szennyező elemekre vonatkozóan a Föld más pontjain kapott megfelelő értékekkel. Szembetűnő például a Déli Póluson a levegő tisztasága általában, vagy Budapest levegőjének – többek között – nagyfokú Ca szennyezettsége.

Az elemek koncentrációjának meghatározása abszolút számokban is megtörtént a részecske-nagyság függvényében. Így pl. a kén $55,9 \pm \mu\text{g}/\text{cm}^2$ koncentrációjú a 0,25 és 0,5 μm közötti sugarú aeroszolok esetében, míg mindössze $1,52 \pm 0,7 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ azoknál az aeroszoloknál, amelyeknek a sugara 1,5 és 4 μm közé esik (*Koltay, 1981*).

2.2. *Levegőszennyezési vizsgálatok elektronspektroszkópiai módszerrel.* Az elektronspektroszkópia egyike a legújabb anyagvizsgálati módszereknek (Berényi, 1976). Intézetünkben főleg az a változata került kifejlesztésre és felhasználásra, amelyben a mintából karakterisztikus röntgen-sugárással kiváltott fotoelektronokat analizáljuk elektrosztatikus elektronspektrométerrel (Kövért et al., 1978). Ez az ún. ESCA v. XPS (*electron spectroscopy for chemical analysis* v. *X-ray photoelectron spectroscopy*). A módszer jellemzője,



8. ábra: Az előző ábrán látható egyik (Erőmű) részlet-spektrum nagyobb energiatarományt átfogó áttekintő spektruma (Kövért et al., 1981)

hogy nemcsak az elemi összetételről, hanem a kémiai szerkezetről (vegyület-struktúra, vegyérték állapot stb.) is ad információt.

Ezzel a módszerrel folytatott vizsgálataink kiterjednek a levegőszennyezettségi kutatásokra is. Legújabban pl. Leninvárosban végeztünk ilyen kutatásokat (Kövért et al., 1981). Rézlemezeket kiteve a szabad levegőre az erőmű közelében és a városban a 7. és 8. ábrán látható elektron-spektrumokat kaptuk. Látható, hogy az erőmű közelében a „szulfid-csúcs” is jelentkezik, ami a városban nem észlelhető, továbbá, hogy az „SO₄²⁻ csúcs” jóval intenzívebb az előbbi, mint az utóbbi helyen.

Más lemezeket kiteve, más-más elemek szelektív adszorpciója következik be, így a levegőszennyezettség vizsgálatára igen tág és specifikus lehetőséggel rendelkezünk a módszer alkalmazásával.

2.3. *A levegő ólom szennyezettségének vizsgálata.* Korunkban a gépkocsi közlekedés és más ipari hatások következtében az ólom koncentrációja különösen megnövekedett a levegőben (lásd a 2.1. fejezetben is). A levegőbe kerülő ólom azután leülepszik a növényekre. Az ún. angol perje bizonyult a legalkalmasabbnak ilyen vizsgálatokra (Bacsó et al., 1978).

Az alkalmazott módszer hasonló a 3.1 fejezetben leírtakhoz (PIXE), csak itt a minta gerjesztésére nem gyorsítóból eredő részecskenyalábot, hanem radioaktív forrás röntgensugárzását használjuk (lásd pl. *Bacsó J. és Berényi, 1974*). Az ólmon kívül különben más elemeket (Br, Cu, Zn) is vizsgáltunk és különböző növények felületét is megnéztük. A *III. táblázat* jól mutatja Pb-re vonatkozólag különböző forgalmú helyeken kapott eredményeket.

III. TÁBLÁZAT

Különböző forgalmú helyeken az angol perje által abszorbeált ólom mennyisége (Bacsó et al., 1978 alapján)

Gyűjtés helye	Forgalom	Pb (ppm)
Debrecen, Árpád tér	25–27 ezer gpj/nap	120,0
Debrecen, Böszörményi út	5–6 ezer gpj/nap	31,6
Debrecen, Szoboszlai út	5–6 ezer gpj/nap	28,0
Debrecen, Honvéd-Tanácsközt. út sarok	7–8 ezer gpj/nap	20,5
Debrecen, Március 21 tér	5–6 ezer gpj/nap	17,1
Debrecen, Fáy A. u.	kicsi	8,6
Debrecen, Úrhajósok tere	kicsi	20,6
Budapest, Fehérvári út	nagy	63,0
Budapest, Soroksári út	nagy	60,9

A forgalmas utak mentén a lekaszált fű felhasználásakor feltétlenül figyelembe kell venni annak várhatóan magas ólomszintjét. Feltehetően a fenti körülményekkel függ össze, hogy ugyancsak az intézetben végzett vizsgálatok szerint a városokban élő emberek hajában az ólomtartalom mintegy tízszeresen magasabb, mint a falun élő emberek esetében (*Bacsó J., 1981*).

*

Ebben a rövid áttekintésben sem részletességre, sem teljességre nem törekedhettem. Nem említettem például *Szalay* akadémikusnak a Föld primordiális atmoszférájára vonatkozó úttörő vizsgálatait. Amit viszont befejezésül hangoztatnom kell, az az, hogy lehetőségeink meteorológiai, levegőszennyezettség ellenőrzési kihasználása nemcsak technikai-tudományos felkészültségünkötől és elhatározásunktól, de a megfelelő és lelkes partner megtalálásától is függ.

IRODALOM

- Bacsó, J., 1981: magán közlés.*
Bacsó, J. és Berényi, D., 1974: Új lehetőségek a röntgenemissziós analízisben. Izotóptechnika 17, 33–45.
Bacsó, J., Kis-Varga, M., Kovács, P. és Kalinka, G., 1978: A levegő ólomszennyezettségének REA vizsgálata növényekben felhalmozódott ólom mérése révén. ATOMKI Közl. 20, 237–246.
Berényi, D., 1976: Recent Applications of Electron Spectroscopy. Adv. in Electronics and Electron Phys. 42, 55–111.
Berényi, D., 1979: Korszerű anyagvizsgáló módszerek az ATOMKI-ban. ATOMKI Közl. 20, 203–220.
Csongor, É., 1979: Az atmoszférikus Kr-85 koncentráció mérési módszerei és az ATOMKI-ban 1966–77 között végzett mérések. ATOMKI Közl. 21, 1–12.
Csongor, É., 1981: magán közlés.
Csongor, É. and Hertelendi E., 1980: Fission products and radiocarbon as environmental pollutants due to atmospheric nuclear weapon tests measured in Debrecen. Előadás: XIth Annual Meeting of ESNA, August 25–30, 1980. Debrecen.

- Deconninck, G., 1978: *Introduction to Radioanalytical Physics*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Hertelendi, E., 1980: Légköri atomfegyver kísérletek által termelt radiokarbon beépülése fák évgyűrűibe. Egyetemi Doktori Disszertáció, ATOMKI, Debrecen.
- Hunyadi, I., 1981: közlése előkészületben; magán közlés.
- Hunyadi, I., Koltay, E., Somogyi, Gy. and Bónis, K., 1981: Radiography using SSNTD to analyse environmental aerosol samples. Előadás: *XIIIth Int. Sem. on Autoradiography*. May 26–29, 1981, Harkány.
- Johansson, S. A. E. and Johansson, T. B., 1976: Analytical application of particle induced X-ray emission. *Nucl. Instr. Meth.* 137, 473–516.
- Kiss, Á., Koltay, E., Szabó, Gy., Mészáros, A., László, S. and Gödény, S., 1980: Proton induced X-ray emission as a tool for analysing biological and atmospherical samples. *ATOMKI Közl.* 22, 321–333.
- Koltay, E., 1981: közlése előkészületben; magán közlés
- Lövé, L., Tóth, J. és Keszler, P., 1981: magán közlés.
- Kövé, L., Újhelyi, Cs., Berényi, D., Varga, D., Kádár, I. and Kövé, Á., 1978: X-ray photoelectron Spectroscopic Investigation of electrochemically oxidised and reduced platinum surfaces. *J. Electron Spectr. Rel. Phenom.* 14, 201–214.
- Lannefors, H. O., Johansson, T. B., Hramat, L. and Rudal, B., 1977: Elemental concentrations and particle size distributions in an atmospheric background aerosol. *Nucl. Instr. Meth.* 142, 105–110.
- Ménes, A. and Berényi, D., 1974: Study of the background spectrum by a 20 cm³ Ge(Li) detector. *Acta Phys. Hung.* 36, 179–183.
- Phelps, P. L., Anspaugh, L. R., Koranda, J. J. and Huckabay, G. W., 1972: A portable Ge(Li) detector for field measurement of radionuclides in the environment. *IEEE Trans. Nucl. Sci.* NS-19, 199–210.
- Somogyi, Gy., 1981: magán közlés.
- Somogyi, Gy., Medveczky, L. és Nagy, M., 1971: Szilárdtest nyomdetektorok az oktatásban. *Fizikai Szemle* 21, 344–354.
- Somogyi, Gy., Németh, Gy., Pálfalvy, J. és Gerzson, I., 1981a: közlése előkészületben (*Karszt és Barlang*).
- Somogyi, Gy., Németh, Gy., Pálfalvy, J. and Gerzson I., 1981b: közlése előkészületben (*Proc. Int. Solid State Nuclear Track Detector Conf.*, Bristol, 1981.).
- Szalay, A. and Berényi, D. *Sen.* 1955: Unusual radioactivity observed in the atmospherical precipitation in Debrecen (Hungary) between Apr. 22–Dec. 31, 1952. *Acta Phys. Hung.* 5, 1–14.
- Winchester J. W., 1977: Sulphur and trace metal relationships in nonurban and marine aerosols studied using proton induced X-ray emission. *Nucl. Instr. Meth.* 142, 85–90.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 85. évf. 6. szám. 1981. november – december
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 85. No 6. Nov. – Dec. 1981, Budapest

Az időjárási folyamatok és a termés közötti kapcsolat modellezésének alapjai*

SZÁSZ GÁBOR, Agrártudományi Egyetem, H-4015 Debrecen, Pf. 36.

Fundamentals of numerical modelling of the relation between atmospheric processes and agricultural production. The aim of this paper is to summarize the results obtained by Hungarian and foreign research workers on the relation between weather and agricultural production. On the bases of the results of a large number of studies it is stated that in spite of the decrease of the weather sensitivity of the production, atmospheric effects are still very important. However, their present mechanism is different compared to the past. The author proposes the quantitative determination of the role of agrotechnic, genetic and agro-geographic effects in addition to atmospheric factors. Further, the theory of the construction of a logical model is presented. In this model the importance of all the parameters mentioned corresponds to reality.

*

Az időjárási folyamatok és a termés közötti kapcsolat modellezésének alapjai. A tanulmány rövid áttekintést nyújt az „időjárás-termés” kapcsolata vizsgálatának nemzetközi és hazai eredményeiről. Széles körű vizsgálati anyag alapján a szerző bizonyítja, hogy az időjárásnak a termésre gyakorolt hatása nem szűnt meg, csupán a hatásmechanizmus változott. Ennek alapján a szerző ajánlja a légköri hatótényezők figyelembevétele mellett a főbb agrotechnikai, genetikai, és agrogeográfiai hatások szerepének mennyiségi megállapítását. A tanulmány egy olyan logikus modellépítés elveit mutatja be, melyben az említett eredetű paraméterek a valóságnak megfelelő súlyt kaphatnak.

*

Bevezetés. Az időjárás és a termés kapcsolata az agrometeorológia egyik alapvető problémakörének lényegét képezi, de az eredmények agronómiai, ökonómiai, sőt ezen túl gazdaságpolitikai kérdéseket is érintenek. A szóban forgó kapcsolatrendszernek a termelés minden gazdálkodástörténeti szakaszában sajátos vonása alakult ki. *E kapcsolat megnyilvánulása állandó változásban van, emiatt a problémakör az agrometeorológia mindenkor aktuális kutatási feladata.* Az időjárás és a termés kapcsolatának kutatása több mint egy évszázadra nyúlik vissza. E helyen az eddigiek részletes taglalása nem várható, csupán a tudományos megalapozottsággal folytatott vizsgálatok történeti csoportosítására vállalkozhatunk. A szerző szerint az agrometeorológiai kutatások szemlélete, módszertana és interpretálása alapján két nagy tudománytörténeti szakasz különböztethető meg (Szász, 1978):

- az időjárási hatások vizuális megfigyelése, az események empirikus leírása és rendszerezése;
- az időjárási események, valamint a növények növekedése, fejlődése,

* Előadás, elhangzott néhai id. Berényi Dénes professzor születésének 80. évfordulóján rendezett emlékülésen Debrecenben, 1981. május 21-én.

produktivitása közötti mennyiségi kapcsolat tényének statisztikai bizonyítása.

Az elsőként említett időszak kezdetleges agrometeorológiai vizsgálati elvei távol álltak a meteorológia viszonylag szilárd fizikai módszereinek alapjaitól. Az időjárás és termés kapcsolatának empirikus vizsgálata kb. az 1850–1915 években volt intenzív. Fontos kérdés, hogy *mi volt a fő jellemvonása ennek a korszaknak*. Ebből az időből ránk maradt nemzetközi és hazai munkák felsorolják az agrometeorológia alapvető kérdéseit jelentő legfontosabb problémaköröket. A kutatás módszertana igen egyszerű: leírja a jelenségeket és az azokból levonható következtetéseket *tapasztalati módon*. Az eredmények interpretálása is sajátosan alakult: ez a *descripcionális okfejtés*, az okozati rendszer kialakításának az alapja a természet megfigyelésére épített *logikai következtetés*.

Az 1910-es években bizonyosodott be maradéktalanul az ismertetett elvek és módszerek hiányossága. A fennálló hiányokat az agrometeorológia fejlődésének következő időszaka pótolta, s a módszertani megalapozottság egyben elmélyítette a meteorológia és a mezőgazdaság közötti kapcsolatot.

Tudománytörténeti szempontból nagy jelentőséget kell tulajdonítanunk *Smíth* (1911, 1915, 1920) munkásságának. Közleményei megerősítették azt a feltételezést, hogy az *agrometeorológiának igen hosszú ideig a matematikai-statisztika az egyik legfontosabb vizsgálati eszköze*. Így megemlíthető *Fisher* (1924) munkája, amely hosszú időn át – sőt még ma is – az egyik legszakszerűbb elemzésnek tekinthető.

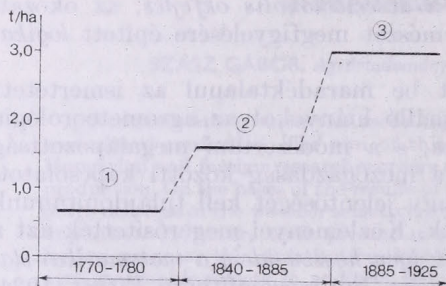
Hazánkban e vizsgálatokat *Berényi Dénes* kezdte el az 1930-as években, s közel 20 növény termésének függését vizsgálta. Mivel tevékenysége az egész ország területére kiterjedt, hazánk az egyetlen, ahol a kapcsolatok ismerete maradéktalanul országossá vált (*Berényi*, 1944, 1945, 1951, 1956).

Az alapvető statisztikai módszerek alkalmazása nyomán a lényegbeli megállapítás a következőkben foglalható össze: matematikai-statisztikai módszerekkel felderíthető a kapcsolat ténye, kifejezhető a kapcsolat szorosága, becsülhető a hatótényezők sorrendje, de a módszer nem ad felvilágosítást a kapcsolat belső mechanizmusáról; vagyis *a kapcsolat megállapítása a valószínűségi ok alapján történik, de ismeretlen marad a fizikai ok*. Ennek a magyarázata abban kereshető, hogy a hatást keltő ok – az időjárás –, és az ok-okozati láncolat utolsó szakasza – a termés – között számtalan, nagyrészt ismeretlen részfolyamat zajlik le. Szükségszerűen minél több faktor alakítja a termés nagyságát, annál valószínűbb, hogy figyelmen kívül hagyásuk fizikailag, biológiailag irreális megállapításhoz vezet. Ha minden faktor állandónak vehető, s kizárólag az időjárás a változó, akkor a kapcsolat felderítése nem okoz nehézséget. *Mivel a 30–50 évvel ezelőtti időszakban az antropogén és közgazdasági tényezők alapvetően nem változtak az idő folyamán, a genetikai bázis – faj és fajta – azonos volt, az időjárás hatásának mennyiségi feltárása nem jelentett nehéz feladatot mai ismereteink szerint*. Más szóval: az „időjárás és a termés közötti hatótávolság” bizonyos elvonatkoztatás szerint viszonylag csekély volt.

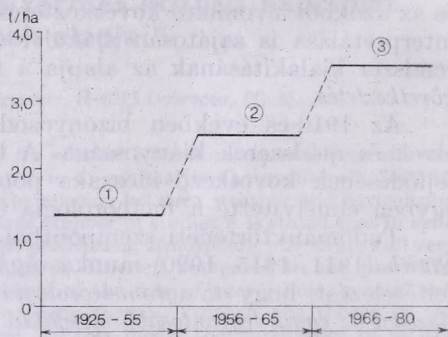
A sztohasztikus elemzések során rendszerint elhanyagolják a *reprezentativitás kritériumait*, alig találunk utalást az említett témakörre vonatkozó közleményekben arra, hogy *a termés alapadatainak területi szórása mellett mekkora lehet a minimálisan vizsgálható terület nagysága, és az eredmények – közel homogén felszín, talaj esetében – milyen arányú területi extrapolációt engednek meg*. Így könnyen belátható, hogy az említett ok folytán *a jelenlegi sztohasztikus kapcsolatok az igényelt pontosságú szimulációs modell feltételeinek*

nem tesznek eleget, s ezért azok csak egy nem nagy pontosságú becslő eljárásnak minősíthetők.

A továbbiak során meg kell említenünk az időjárás folyamatok rendkívül nagy variabilitását, s ebből származóan az évjárat-típusok igen nagy számára kell utalnunk. *Egy 15–20 évi terméssor az időjárás okból lehetséges variációknak csak néhány változatát foglalja magába.* Emiatt az érvényesség csak igen mérsékelt időbeli extrapolációt enged meg, s további segédfüggvények használata válik szükségessé.



1. ábra: Az őszi búza termésszintjének alakulása Nyugat-Európában az elmúlt két évszázadban: 1. Háromnyomásos gazdálkodás, 1770–1780, 2. vetésforgó vöröshérével, 1840–1885, 3. vöröshere + kisadagú műtrágya, 1885–1925 (Prjanisnikov szerint)



2. ábra: Az őszi búza termésszintjének változása Magyarországon 1925–1980 között: 1. Istállótrágya + kisadagú műtrágya, 1925–1955, 2. közepes adagú műtrágya + intenzív fajta, 1956–1965, 3. nagyadagú műtrágya + intenzív fajta + öntözés, 1966–1980

Összefoglalva megállapítható, hogy az időjárás és a termés kapcsolatának sztohasztikus vizsgálata rendkívül sok új információt nyújtott az érdeklődők számára, azonban a szigorú matematikai feltételek figyelembevételével e módszer *önmagában* az igényelt okozati összefüggések felderítésére csak sajátos esetekben alkalmas.

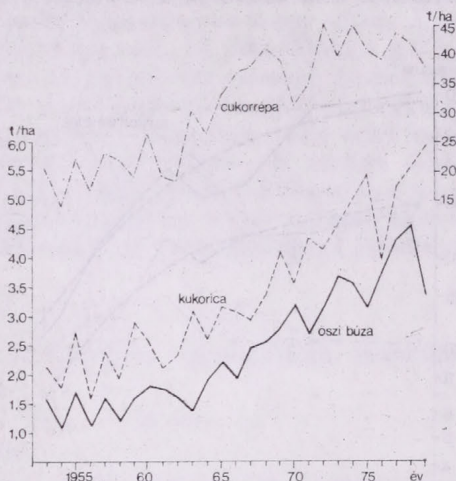
1. Az időjárás és a termés kapcsolatának jelenlegi problematikája

A világ élelmiszertermelésének fokozása a FAO-vizsgálatok szerint az egyik legjelentősebb világprogram. Az élelmiszer-alapanyag előállításának nehézségét korunkban az okozza, hogy a növényi élőszervezetek rendszere, a környezet, a termelés technológiája (minerális tápanyagellátás, talajművelés, hidromelioráció, öntözés, aktív és preventív növényvédelem, a különböző munkaszakaszok magas szintű gépesítése stb). rendkívül bonyolult kölcsönhatásban állanak a fejlett termelés szintjén. E megállapítás hazánkra is érvényes, hiszen néhány nagy vetésterületi arányú növényünk termésszintje – búza, kukorica – a világranglista élvonalában áll. A mérsékelt éghajlati öv nyugat-európai területén a termések az elmúlt 200 év alatt óriási mértékben megnagyobbodtak, amint az Prjanisnikov (1945), majd Todorović (1956) munkájából kitűnik (1. ábra).

Hazánkban a búzatermések változása szintén jól reprezentálja a termelés fejlődését (2. ábra). Mindkét ábrán jól elkülönülnek az eltérő technológiához

tartozó átlagos termésszintek. Az egyes termelési szakaszoknak egymástól igen eltérő a sajátosságuk, s ezért néhány alapvetően fontos következtetés vonható le:

- a termések nagyságát meghatározó tényezők kölcsönhatásának rendszere a szakaszokon belül azonos, de a szakaszok között eltérő;
- a termések nagyságának növekedésével azok ingadozásának abszolút értéke növekszik, de a relatív termésingadozás csökken (Bocz és Szász 1962);



3. ábra: A főbb növények termésingadozása 1950–1979 között; Hajdú-Bihar megyei átlagok, t/ha

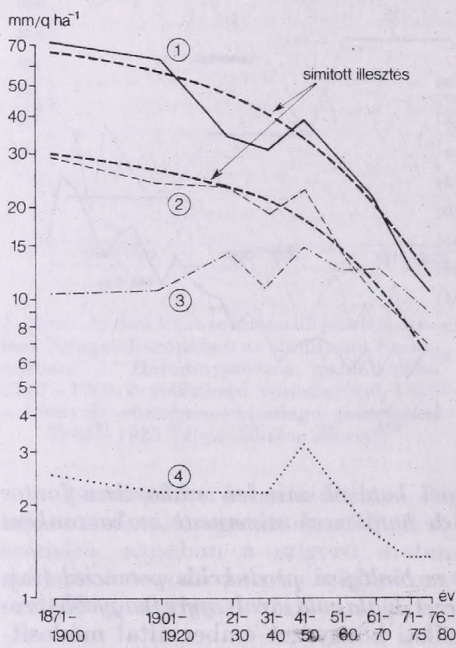
- az ökológiai, ezen belül az időjárási hatások minden szakaszban fontos termész szabályozónak minősülnek, de hatásmechanizmusuk szakaszonként módosul.

E megállapításból következik, hogy a biológiai produktions potenciál (faj, fajta) a különböző kedvező hatású környezet kialakulásával egyre nagyobb produktiót biztosít. A biológiai, kémiai és fizikai környezet ember által módosítható, de a légköri folyamatok mindezekre egyidejűleg hatnak, tehát az egyik legfontosabb környezeti tényezőknek, az időjárásnak a hatása nem hárítható el, mint ahogyan azt sokan néhány évtizeddel ezelőtt remélték. Ezt bizonyítja a 3. ábra, amely a termések időbeli változását szemlélteti.

Azt hangsúlyoznunk kell, hogy az utóbbi évtizedek rohamos terméssnövekedése nem hazai jelenség (Dennet, 1980, Waggoner, 1979). A felsorolt és nem említett kutatók szerint a főbb termesztett növények hozamainak 1950–1975. évi trendje változó, de szignifikánsan emelkedő tendenciát mutat. Vizsgálataink szerint a mérsékelt égövi élelmiszer alapanyag termelése az 1950-es évektől jelentősen növekedett, a különböző termesztési technológiák segítségével és a biológiai potenciál gyarapításával a kedvezőtlen éghajlati adottságok évtizedek átlagában ellensúlyozhatók, noha egyidejűleg a termések évenkénti ingadozása növekszik. Köztudott, hogy hazánkban a vízellátottság a termést meghatározó elsődleges tényező. Berényi (1951) ezt több növényfajra vonatkozóan bebizonyította. Szerinte a természetes vízellátottság a termések nagyságát 55–75%-ban határozza meg, a fennmaradó 25–45% arányon a többi tényező együttesen osztozkodik. E vizsgálatok lényege annak a felismerése, hogy hazánkban a még természetes csapadéokra támaszkodó vízellátásnak alapvető jelentősége

van. Ezt később más módszerekkel Szász (1971) az 1950–1970 évekre is bizonyította.

Ennek fizikai realitását ellenőriztük a négy legfontosabb növény csapadékhasznosulási együtthatójának 1870–1980 közötti változásának vizsgálatára útján. A csapadékhasznosulási együttható 110 évi változását tekintve (4. ábra) különösen szembetűnő a nagy termésnövekedésű búzánál, kukoricánál és cukorrépánál a csapadékhasznosulás értékének kedvező alakulása, amiből világosan következik az a megállapítás, hogy a jelenlegi termésszint elérésének nem akadály a természetes vízellátottság.



4. ábra: A főbb növények csapadékhasznosulási együtthatójának (mm/q ha^{-1}) változása Magyarországon 1871–1980 között: 1. őszi búza, 2. lucerna széna, 3. kukorica, 4. cukorrépa

Berényi (1944, 1945) elemezte a különböző birtokkategóriák hozamainak az időjárástól való függését. Ennek elméleti problémáit nem tekintve lényegében bebizonyosodott, hogy a korszerűbb természetéstechnológiai eljárásokkal javítható a növénynek az egyes károsító időjárási elemekkel szembeni tűrőképessége, ezáltal pedig a biztonságosabb termés. A termésbiztonság becsléséhez szükséges a növény produktivitása szempontjából tekintett ún. kritikus időszak ismerete a különböző időjárási elemekkel szemben (Berényi, 1951; Szász, 1955; Bocz, 1967).

A felsorolt irodalmi hivatkozások egyértelműen bizonyítják, hogy míg az 1920–45 közötti időszakban a termést meghatározó elsődleges tényező hazánkban az időjárás volt, addig az 1950-es évek óta az időjárás, a biológiai potenciál, a termelési technológia, a közgazdasági-társadalmi feltételek változó, tájra jellemző arányban fejtik ki hatásukat.

Az természetes, hogy a különböző természeti, technológiai és közgazdasági helyzetben a termés nagyságát leíró modellek elvi alapjaikban eltérnek egymástól. Mivel a technológiai hatások szerepe megnövekedett, ezért a klasszikus „időjárás-termés” modell egyetlen formája sem használható napjainkban. Az

országos kísérleti hálózat tapasztalatai szerint a termésingadozás a következő okokra vezethető vissza:

- reverzibilis légköri-ökológiai hatás,
- irreverzibilis légköri-ökológiai hatás,
- technológiai hatás (agrotechnika).

A reverzibilis légköri-ökológiai hatások ismert statisztikai módszerekkel meghatározhatók, de a technológiai — kedvező és kedvezőtlen — hatások kiszűrésére az előbbtől teljesen eltérő módszerek ajánlhatók. A reverzibilis, valószínűségi folyamatokat leíró matematikai összefüggések egy olyan alapinformációt adnak, amely a várható eredményt csak jól definiálható ΔH hibával közelíti. Legyen minden ható tényező jellege szerint valamely halmaznak eleme: $a \in A, b \in B, \dots$ úgy minden hatótényező lényegében $A, B \dots$ egy-egy sajátos valós függvénnyel jellemezhető valamely fizikailag reális értékhatár között egy másik halmaz terméselemének függvényében. E szerint tehát *a termést meghatározó tényezők együttese halmazrendszert alkot*. Elfogadva e megállapítást, az időjárás és termés kapcsolatába minden olyan halmaz elemét be kell építeni, mely eleme a halmazrendszernek. E megfontolásból kiindulva felírható, hogy P termés

$$P = f(cs \in Cs, t \in T, a \in A, g \in G \dots \xi \in Z)$$

ahol $Cs, T, A, G \dots Z$ a csapadék, hőmérséklet, agrotechnika, genetikai alap és egyéb tényezők halmaza. Mivel

$$\begin{aligned}Cs &= f(T), A = f(Cs, T, G \dots Z) \text{ stb., és} \\G &= f(Cs, T, A \dots Z),\end{aligned}$$

joggal állítható, hogy *csakis olyan egyenletek alkalmasak a P produkció becslésére, amelyek tartalmazzák valamennyi fizikailag értelmezhető halmazból származó elemeket*. Ezek után belátható, hogy napjainkban az „időjárás-termés” modell egy elméleti absztrakciónak tekinthető, ugyanis a korábban állandónak vélt tényezők valójában $A, G \dots Z$ halmazok jellemzői, ezért a P produkció valószínűségi meghatározóinak tekinthetők és matematikailag valószínűségi változóként értelmezhetők a korábbi szemlélet keretében.

E megfontolások, valamint az eddigi eredményeken való áttekintés alapján az alábbi összefoglaló következtetésekhez jutottunk el:

- az időjárás-termés sztochasztikus modelljei sok esetben kizárják az általánosíthatóságot, nem vagy csak alig engedik meg a tér- és időbeli extrapolációt; az említett modellek az esetleges reális kapcsolatok tényét ellenőrzik, de a folyamatok belső okozati láncolata csak részben ismerhető meg;
- e modellek lényegében egy pontos illesztési eljárásnak tekinthetők még abban az esetben is, ha a független valószínűségi változók „súlyát” megismerjük, mivel azok $t_1 \dots t_n$ idősor mentén nem állandók;
- az időjárás-termés modellek nem reagálnak a termesztési-technológiai, biológiai, közgazdasági környezet változására, ezért csakis ahhoz a feltételrendszerhez illeszkednek, amelyből a minták származnak; az említett ok miatt a sztochasztikus modellek fejlesztése és bővítése nem végezhető el az alapösszefüggések változatlanul hagyása nélkül.

Lényegében a felsorolt indokok alapján keresünk egy olyan modell-szerkezetet, amely a felsorolt hiányosságok nagy részét kiküszöböli.

2. Új produktiós modell felépítésének lehetősége

Az időjárás és a növények fejlődésének, produktivitásának leírásában és modellezésében különböző irányzatok alakultak ki. A korábban említett szabadföldi kísérleti és termesztési eredmény bősége és szerteágazó input-anyaga különböző rendezőelvek alapján lehetővé tette a *sztochasztikus modellek* kidolgozását. A felsorolt megállapítások szerint napjainkban ez már nem tekinthető korszerű elemzési módszernek. A légköri tényezők és a termés kapcsolatainak modelljei mikroléptékű területi érvénnyel ismertek (*Rijtema és Endródi, 1970; Feddes, 1871; Feddes et al., 1978*). E biofizikai modellekkel jól leírhatók a mikro-területi léptékű ($10 - 20^2 \text{ m}^2$) homogén területen észlelhető produktiós folyamatok, elsősorban energetikai és aerodinamikai paraméterek, valamint a CO_2 -forgalmat jellemző adatok alapján. A biofizikai modellek mezo-területi léptékkel ($10^5 - 10^9 \text{ m}^2$) nem alkalmazhatók, mivel azokba a csak nagy térségileg lehetséges független változókat (talajheterogenitás, talajnem, növényfajtabeli eltérések, közgazdasági és technológiai stb. hatásokat) nem tudjuk parametrizált módon beilleszteni. A közgazdaságtanban használatos ún. *termelési függvényekben* a klímahatás legtöbbször egy „klimatikus bizonytalansági tényező” (*Pillis, 1976*) formájában jut kifejezésre, amely viszont csak minimálisan mezo-területi léptékre alkalmazható. Az energia- és az anyag megmaradása törvényének e problémakörre vonatkozó részletes megismerése — pl. napsugárzás, fotoszintézis, a talaj és a növény vízforgalma, szénforgalom stb. — bizonyos határig megengedi az egzakt fizikai modellek építését. Megítélésünk szerint a hatótényezők megfelelő csoportosítása alapján az egzakt fizikai modellek általánosabbá tehetők. Az egzakt fizikai alpból származtatott paraméterek alkalmazása rendszerelméleti megfontolásokból fakadóan célszerűbb; megbízhatóbb módon reprezentálják az okozati összefüggéseket, mint a spekulatív okfejtés vagy a sztohasztikus kapcsolatkeresés. Távolatlag a fizikai modellek bizonyulnak megfelelőbbeknek, sajnos azonban a teljes paraméterrendszer egyelőre nem áll rendelkezésünkre, s így a *vegyes modellalkotás* útját keressük.

Modellezésünk alapfeltétele, hogy *a produktió nagyságát egy alulról és felülről korlátos függvénynek tekinthetjük*. E lényegbeli megállapításra építjük fel termésbecslő eljárásunkat, amely szerint *valamilyen szempontból lehetséges produktióból (P) a tényleges produktió (PT) részben egzakt, részben pedig különböző valószínűségi változók segítségével származtatható*. A modellnek ki kell fejeznie, hogy az adott ökológiai, technológiai és közgazdasági helyzetben lehetséges termésnek hány százaléka alakul ki, vagyis mennyi az abszolút és relatív termés nagysága. E szemléletnek új vonása, hogy a termés nagyságát nem 0 t/ha minimális produktióhoz, hanem a maximálisan lehetséges produktióhoz viszonyítjuk. *A termés nagyságában lényegében a termesztési feltételrendszer kihasználtságának mértékét, energetikai, ökológiai és ökonómiai hatásfokát látjuk*.

A továbbiak zavartalan megértése végett felsoroljuk a *különböző terméskategóriák fogalmi alapjait*:

- *energetikailag lehetséges produktió (PE)*: a globálsugárzásnak, vagy a fotoszintetikusan aktív sugárzásnak (PAR) adott efficiencia szintjének ($2 - 4\%$; $4 - 8\%$) megfelelő szénhidrát ekvivalense;
- *klimatikusan lehetséges produktió (PK)*: energetikailag lehetséges produktiónak a hő- és vízellátottság mértéke alapján megállapítható aránya;

- *maximális produkció* (PM): adott genetikai tulajdonságú növényfaj produkciója optimális ökológiai feltételek esetén, s ennek a főtermékre vonatkoztatott hányada fejezi ki a *potenciális termőképesség értékét* (PM);
- *átlagos maximális produkció* (PM_a): néhány kiemelkedően kedvező ökológiai feltételeket biztosító évjáratban képződő produkció átlagértéke, ugyanez a főtermékre, az *átlagos maximális termés* (PM_{fa});
- *átlagos tényleges produkció* (PT_a): adott évek alapján valamely növény tenyészideje alatt átlagosan képződő szervesanyag mennyiség, a főtermékre vonatkoztatott középérték az *átlagos termés* (PT_f);
- *minimális produkció* ($PMin$): irreverzibilis növényi károsodás nélküli kedvezőtlen ökológiai hatások nyomán képződő szervesanyag-mennyiség, a főtermék aránya a *minimális termés* ($PMin_f$);
- *minimális produkció* ($PMin_i$): irreverzibilis növényi károsodást okozó kedvezőtlen ökológiai hatások nyomán képződő szervesanyag mennyiség, a főtermék aránya a *minimális termés* ($PMin_f$);
- *zéró produkció* (P_0): gazdaságos termesztésre nem alkalmas szervesanyag mennyiség, termesztési célnak megfelelő főtermék nincs.

Valamennyi fogalom dimenziója: t/ha.

A fenti felsorolás egyben nagyságrendet is képez. Irreverzibilis hatások: fagykár, jégkár, vízkár, aszálykár stb. A felsorolt produkció-fogalom közül néhány egzakt módon leírható.

Az *energetikailag lehetséges produkció* nagysága:

$$PE = \sum_0^t \cdot F(\varepsilon \cdot 0,4 G / \eta) \text{ sz.a. t/ha, idő,} \quad (1)$$

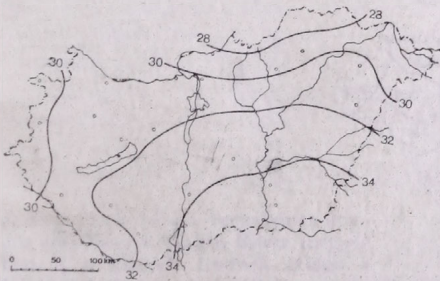
illetve ha G mérés alapján nem ismert, akkor

$$PE = \sum_0^t [F \cdot \varepsilon \cdot (V \frac{1,164 \cdot c \cdot 0,4 G_{\max}}{2})] / \eta \text{ sz.a. t/ha, idő.} \quad (2)$$

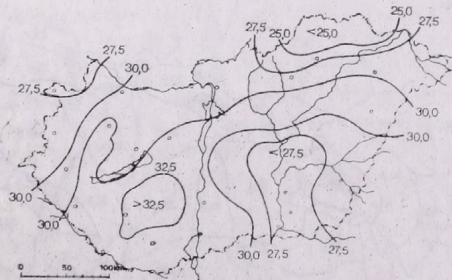
Amennyiben feltételezzük, hogy $PAR \approx 0,5 G$, akkor a fenti egyenletekben álló η konverziós faktorra 0,05 értéket tételezünk fel.

A (2) egyenlet segítségével a PE értékeit hazánkban mintegy 90 pontjára állapítottuk meg (5. ábra). A G megállapításához a szerző (Szász, 1975) eljárását alkalmaztuk.

A *klimatikusan lehetséges produkció* alapösszefüggése az alábbi:



5. ábra: Az energetikailag lehetséges produkció (t/ha) területi eloszlásának vázlatos képe Magyarországon



6. ábra: A klimatikusan lehetséges produkció (t/ha) területi eloszlásának vázlatos képe Magyarországon

$$PK = \sum_0^t (F \cdot \varepsilon \cdot 0,4 G/\eta) \cdot f(W) \cdot f(\Sigma T) \text{ sz.a. t/ha idő} \quad (3)$$

A PK lényegében egy *energetikai*, egy *hidrikus* és egy *termikus* hatásfüggvény szorzata, amelyben

$$f(W) \leq 1,0 \text{ és } f(\Sigma T) \leq 1,0$$

A függvények analitikus formájához transzformáció során lehet eljutni közelítő optimumszámítás útján. A hatásfüggvények számszerűen csak növényfajra – fajtára – állapíthatók meg, ennél fogva a klimatikusan lehetséges produkció is fajspecifikus paraméter. A (3) egyenlet energetikai tagja az értelmezett időtartam alatti energetikailag lehetséges produkció nagysága. Az elmondottakból megállapítható, hogy $PE \leq PK$ reláció minden esetben fennáll. Hazánk területén a PK értékét a természetes gyepre vonatkoztatva a 6. ábra mutatja be. Világosan tűnik ki, hogy az északi területeken a hőmérsékleti hiány, a Középtisza vidékén pedig a vízhiány a klimatikus korlátozó tényező. Ezt erősíti meg a 7. ábrán közölt számok, amelyek a potenciális gyep hozamok természetesi körzetekénti értékeit reprezentálják.

Hazánkban azokon a területeken, ahol a tengerszint feletti magasság kisebb mint 400 m,

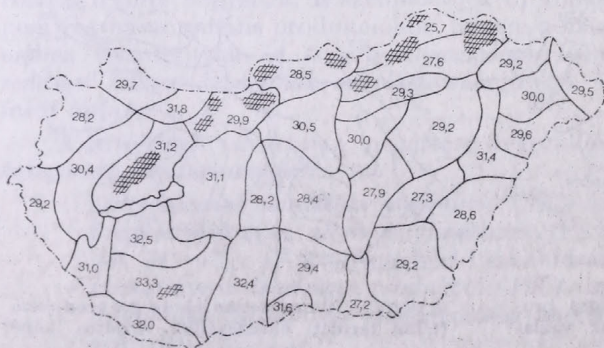
- az energetikailag lehetséges produkció (PE): 27,5–35,0 t/ha év,
- a klimatikusan lehetséges produkció (PK): 24,5–33,5 t/ha év

között váltakozik. Meg kell jegyezni, hogy egyes növényfajoknál lényegesen nagyobb különbség áll fenn; az eltérés elérheti a 60–70%-ot is.

Az energetikailag, illetve a klimatikusan lehetséges produkció nagysága irányíthatatlan paraméterek függvénye. A PE és a PK adott t időtartamra vonatkozó értéke a fentiek szerint egy fajspecifikus integrációs állandónak tekinthető, amelyet a befolyásolható tényezők, valamint a mindenkori időjárás módosít. Az elmondottak alkotják lényegében az egzakt magot, s ebből származtatható a tényleges termés nagysága.

A tényleges termés becslésénél célszerű vizsgálni azt, hogy a jelenlegi évtizedekben miként alakulnak jellegzetes módon a terméscsökkenés az idő függésében.

Összefoglalva megállapítható, hogy a főbb termesztett növények hozamainak az 1960–1980-as évek alapján számított trendje jelentős emelkedést mutat, némely növény termésátlaga megkétszereződött az elmúlt 20 évben.



7. ábra: A gyepek potenciális produkciója Magyarország különböző természetesi ökológiai körzeteiben

A termések növekedése rendszerint másodfokú függvénnyel írható le, de sok esetben a lineáris közelítés is jó becslést tesz lehetővé. Tájékoztatásként az őszi búza terméssorát mutatjuk be (Hajdú-Bihar megyei átlag, a hajdúsági löszhát kiemelt üzemének átlaga) a 8. ábrán. Jól szembetűnik az emelkedő trend az agrotechnika színvonalának hatására, de igen erőteljesek az időjárási hatások is, amelyek a termésingadozásban tűnnek ki.

Határozzuk meg a terméssor trendjét, s az egyenlet $t = 1$ időponthoz számított értékét nevezzük *startponti termésnek vagy produkciónak*, amely lényegében a tengelymetszeti érték. A startponti termés (PT_{st}) fizikailag is értelmezhető:

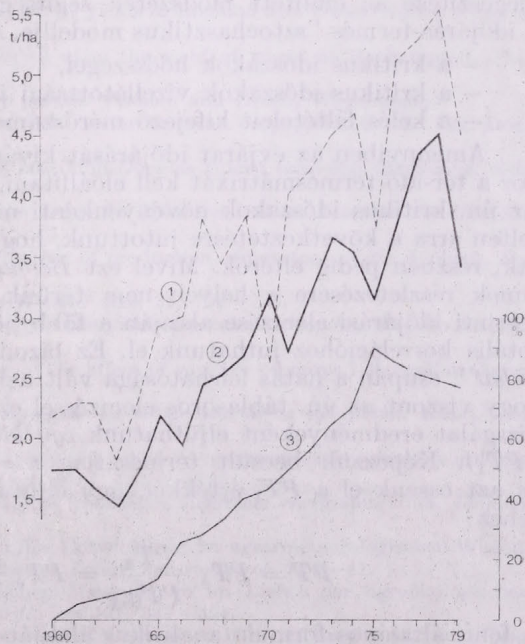
$$PT_{sz} = \alpha \cdot PK = PT_{\hat{a}_{t=1}} \quad (4)$$

A PT_{st}/PK hányad az éghajlati erőforrás kihasználtság-fokát fejezi ki adott talaj, termesztési technológia, fajtahatás stb. esetén.

A PT_{st}/PK igen fontos agroklimatológiai paraméter, mivel minél nagyobb annak értéke, a kedvezőtlen időjárási hatások annál nagyobb termésesökkenést eredményezhetnek, vagyis a terméssor maximális és minimális értékeire illesztett egyenletek burkoló egyenesei vagy görbéi növekvő termésintervallumot zárnak közre vizsgálataink szerint.

A startponti termés vagy produkció különbözőségét lényegében az alábbi okok váltják ki:

- növényfajbeli különbözőség (α_0),
- talajbeli különbség (α_1),
- termesztési technológia (műtrágya) hatása (α_2),
- fajtabeli hatás (α_3),
- a főtermék és a bruttóprodukció aránya (α_4).



8. ábra: Az őszi búza termésének átlagos alakulása 1. Hajdú-Bihar megyében, 2. a kiemelt üzemek átlaga a hajdúsági löszháton, 3. műtrágya felhasználás: 1960 ~ 0% (84 kg/ha), 1975 ~ 100% (281 kg/ha)

A trendhatás a technológia α_2 paraméterével fejezhető ki. Ha $\alpha_0 \dots \alpha_4$ paraméterek adott ökológiai és technológiai kódok által kifejezett határai közé tartozó mátrixait megállapítjuk, az átlagtermés az alábbi kapcsolat útján becsülhető tetszőleges feltételekre:

$$PT_{\bar{t}} = \alpha_0 \{ \alpha_1 [\alpha_2 (\alpha_3 \frac{\alpha_4 \cdot \varepsilon \cdot 0,4 G}{\eta} \cdot f(W, \Sigma T))] \} \text{ t/ha.} \quad (5)$$

Ahogy a fenti kapcsolatrendszerből látható, hét változó található meg egy logikus rendszerben. E kapcsolat egyik fontosságát abban látjuk, hogy az alap-paraméter: az energetikailag és klimatikusan lehetséges produkció dimenziója azonos a tényleges termésével, ezáltal a nagyszámú arányosító tényezőkre nincs szükség, az *egyenlet minden tagja valamilyen objektív fizikai hatást reprezentál*. Az ismertetett alapok másik fontos vonása a *kvantifikálhatóság* lehetősége. Általában a produktions modellek bonyolult szerkezeti felépítésűek – matematikailag –, és számos speciális paraméter használatát teszik szükségessé. Az utóbbiak mértéke természetesen a modell területi érvényétől függ. Így pl. a mikroléptékű modellek (m^2 , ha) kétségtelenül igénylik a sokrétű paraméterrendszer alkalmazását. Az általunk kidolgozott modell-alap mezoléptékűnek tekinthető: üzemszoport, termesztési körzet termésbecslése alapjául szolgálhat.

A felsorolt egyenletrendszer ismertetése során ki kell emelnünk – nyilvánvalóan – az *időjárasi hatások* kvantitatív becslésének lehetőségét. Megítélésünk szerint erre a célra faktor-analízis ajánlható (Cluster-analízis), melynek segítségével az egyes elemek különböző időszakból származó sajátvektora jól megállapítható.

Mivel az (5) egyenlet „az időjárástól függetlenített”, csupán az éghajlat-tól függésben álló termésátlag kifejezésére ad lehetőséget, szükséges a modell kiegészítése az említett módszerek segítségével. Erre a célra felel meg az „időjárás-termés” sztochasztikus modellje, amelynek paraméterei:

- a kritikus időszakok hőösszegei,
- a kritikus időszakok vízellátottsági jellemzői,
- a kelés feltételeit kifejező mérőszámok (kód).

Amennyiben az évjárat időjárását kívánjuk statisztikailag kifejezni, akkor a tér-idő termésmátrixát kell előállítani, amelyen a vizsgálat elvégzendő. Az ún. kritikus időszakok növényenkénti megállapítását elvégeztük, s ismételtelen arra a következtetésre jutottunk, hogy azok területileg részben azonosak, részben pedig eltérők. Mivel ezt *Berényi* (1951) más úton bizonyította, ennek részletezésére e helyen nem térünk ki. A termések tér-idő mátrix szerinti időjárasi elemzése alapján a főbb növények esetén mintegy 0,8–0,9 totális korrelációhoz juthatunk el. Ez bizonyítja, hogy „*az időjárás továbbra is hat*”, csupán a hatás leírhatósága vált nehezebbé. Itt kell megjegyeznünk, hogy viszont az ún. táblasoros elemzéssel ez nem bizonyítható. A kapcsolatvizsgálat eredményeként eljuthatunk *egy időjárást reprezentáló termésértékhez* (PT_i). Képezzük becsült termésátlag $t = i$ időpontra vonatkozó értékét és azt osszuk el a PT_i értékkel, úgy eljutunk a vizsgált hely és év terméséhez:

$$PT = PT_{\bar{t}} \frac{PT_{\bar{t}}}{PT_{t=i}} = PT_{\bar{t}} \pm \Delta PT_i \text{ t/ha.} \quad (6)$$

A fenti általános formula analitikus alakját természetesen az előzetesen vég-

zett elemzés eredménye alapján írhatjuk le. A (6) egyenletből egyértelműen látható, hogy a tényleges termést két tényezőcsoport határozza meg:

- a) a mindenkori közvetlen és közvetett tényezők által determinált időbelileg identifikált termésátlag,
- b) a légköri feltételek időbeli változása a $t=i$ tenyészidőszak alatt.

Megítélésünk szerint a (6) egyenlet kielégíti az *anyag- és energiafolytonosság elvét*, amely a termésképződésnek alapfeltétele. A modell-építés során figyelembe lett véve a függetlenség kritériuma, mivel az $\alpha_0 - \alpha_4$ mátrix elemei között valószínűségi összefüggés nem áll fenn. A modell-alakítás lényegében fenomenológikus elven történt, s így az egyes összetevők matematikai meghatározásának módja nem kötött, továbbfejleszthető mind biológiai, mind pedig fizikai szempontból. A modell-elv nem zárja ki az újabb összetevők bevonását, amennyiben az alapkutatói eredmények azt indokoltá teszik.

IRODALOM

- Aujeszký, L., Berényi, D. és Béll, B., 1951: *Mezőgazdasági meteorológia*. Akad. Kiadó. Budapest.
- Berényi, D., 1944: *A burgonya termelése és összefüggése az időjárással*. Alföldi Magvető, Debrecen.
- Berényi, D., 1945: *A kukorica termesztése és összefüggése az időjárással*. Alföldi Magvető, Debrecen.
- Berényi, D., 1956: A cukorrépa termésátlaga és az időjárási elemek közötti összefüggés. *Acta Univ. Debr. L. Kossuth Nom.* 3, 229–249.
- Bocz, E., 1967: *A nagyobb, biztonságosabb termések alapvető feltételei és a nagyadagú trágyák hatékonyságának lehetősége a tiszántúli löszhat csernozjom talaján*. MTA doktori ért., Debrecen.
- Bocz, E., Szász, G., 1962: A műtrágya szerepe a kiegyenlített nagy termések elérésében. *MTA Agrártud. Oszt. Közl.* 20, 109–123.
- Dennett, M. C., 1980: Variability of annual wheat yields in England and Wales. *Agric. Meteorol.* 22, 109–111.
- Fisher, R. A., 1924: The influence of rainfall upon the yield of wheat at Rothamsted. *Phil. Trans. B.* 113, 89–142.
- Feddes, R. A., 1971: *Water, heat and crop growth*. Veemen and Zonen, Wageningen.
- Feddes, R. A. et al., 1978: Simulation of field water use and crop yield. C. A. Pu. Doc., Wageningen, 188.
- Pállis, P., 1976: A magyar mezőgazdaság két Cobb-Douglas típusú termelési függvénye. *Közgazd. Szemle* 22, 1175–1181.
- Prjanisznikov, N. D., 1945: *Der Stickstoff im Leben der Pflanzen und im Ackerbau der UDSZR*. Akad. Verl. Berlin.
- Rijtema, P. E. and G. Endródi, 1970: Calculation of production of potatoes. *Neth. J. Agric. Sci.* 18, 26–36.
- Smith, J. W., 1911: Correlation. *Monthly Weather Rev.* 39, 792–795.
- Smith, J. W., 1915: The effect of weather upon the yield of potatoes. *Monthly Weather Rev.* 43, 222–236.
- Smith, J. W., 1920: *Agricultural meteorology*. (The effect of weather on crops.) Macmillan Comp. New York.
- Szász G., 1955: *A rozs termesztésének összefüggése az időjárással és az éghajlattal*. Kand. ért., Debrecen.
- Szász G., 1971: A természetes csapadékviszonyokra épülő növénytermesztés agrometeorológiai kérdései Magyarországon. *MTA X. Oszt. Közl.* 4, 187–198.
- Szász G., 1974: A hajdúsági löszhat természetes felszínének sugárzási energiaforgalma. *Időjárás* 78, 267–280.
- Szász G., 1978: Eine Studie über die dreistufige Entwicklung der agrarmeteorologischen Wissenschaft (Wissenschaftsgeschichtliches Essay) *Foliae Agrarmeteorol.* 1, 1–41.
- Todorovic, D. B., 1956: Die agrotechnischen Massnahmen im Lichte der agroökologischen Betrachtungen. *Zeitschr. Acker- und Pfl. bau* 101, 347–354.
- Waggoner, P. E., 1979: Variability of annual wheat yields since 1909 and among nations. *Agric. Meteorol.* 20, 41–45.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 85. évf. 6. szám. 1981. november – december
Journal of the Hungarian Meteorological Service. Vol. 85. No. 6. Nov. – Dec. 1981, Budapest

A mezo- és mikroklíma-kutatás főbb célkitűzései, eredményei a KLTE Meteorológiai Tanszékén*

JUSTYÁK JÁNOS, KLT Meteorológiai Tanszék, H-4010 Debrecen, Pf. 13.

Program and results of the investigation of meso- and micro-climate at the Meteorological Department of the University L. Kossuth. In this paper the main results obtained by the associates of the Meteorological Department of the University of L. Kossuth (Debrecen, Hungary) in the themes "Role of atmospheric and orographic factors in the control of the productivity of grape" and "Complex bioclimatological research of forests" are summarized.

*

A mezo- és mikroklíma kutatás főbb célkitűzései, eredményei a KLTE Meteorológiai Tanszékén. A tanulmány röviden összefoglalja azokat a főbb célkitűzéseket, eredményeket, amelyeket a tanszék munkatársai több mint egy évtized alatt „A légköri és domborzati tényezők szerepe a szőlőtermesztés produktivitásának kialakításában” és „Az erdők komplex bioklimatológiai vizsgálata” című témákban értek.

*

Bevezetés. A tanszék fő kutatási területe az agroklimatológia, a mikroklimatológia tárgyköre volt és az is maradt, melynek több mint alapjait néhai dr. Berényi Dénes professzor rakta le, s emelte magas színvonalúvá. Halála óta némi változás abban történt, hogy szűkítettük témáinkat, illetőleg kutatásainkat más tanszékekkel, intézményekkel szorosabb együttműködésben végezzük. Továbbá abban is, hogy rendszeres klimatológiai kutatásokat indítottunk. Nevezetesen a sztochasztikus folyamatok alkalmazási lehetőségeit vizsgáljuk sztochasztikus modellek segítségével a klimatológiában. A következőkben viszont csak a címben megjelölt kutatásokról kívánunk tájékoztatást adni.

1. A kutatás célkitűzései

A tanszék több mint egy évtizede két témával foglalkozik: 1. *a légköri és domborzati tényezők szerepével a szőlőtermesztés produktivitásának kialakításában és 2. az erdők komplex bioklimatológiai vizsgálatával.*

Az első téma célkitűzése magában foglalja a) a szőlőültetvény mikroklímájának, hő- és vízgazdálkodásának vizsgálatát a vegetációs időszak alatt hegylábi és lejtős területeken, kapcsolatban a szőlő fenológiai jelenségeivel, a termés mennyiségi és minőségi alakulásával; b) a szervesanyag felhalmozódásának, fenofázisonkénti dinamikájának nyomon követését szőlőfajták szervein; c) a fajtákon belüli növekedést jellemzők közötti kapcsolatok feltárását;

* Előadás, elhangzott néhai id. Berényi Dénes professzor születésének 80. évfordulóján rendezett emlékülésen Debrecenben, 1981. május 21-én.

d) a légköri tényezők és a fajták növekedésének jellemzői közötti összefüggések, valamint a szőlőfajták energiahasznosulásának, efficienciájának megállapítását; e) a szőlőfajták biofenológiai jellemzőinek statisztikai elemzését, az időjárás elemek és a szőlőfajták fenofázis tartamai közötti kapcsolatok vizsgálatát; végül f) magában foglalja Tokajhegyalja egyes területein a domborzat következtében kialakuló helyi éghajlati (mezoklíma) erőforrások feltárását, térképezését.

A *célkitűzésekben* megjelölt vizsgálatok gyakorlati szempontból hozzájárulnak a tokajhegyaljai szőlők rekonstrukciójához, új fajták kiválasztásához, a telepítési rendszer és a tőkeművelési mód helyes megválasztásához, a szőlőtermesztésre legkedvezőbb adottságú termőhelyek kijelöléséhez a szőlő termésének mennyiségi- és minőségi szintjének emelése érdekében.

A *második téma célkitűzése* magában foglalja az újszentmargitai erdő és erdei tisztások, valamint Síkfőkúton a dombosági tájakra jellemző tölgyes erdő komplex bioklimatológiai, sugárzás-, hő- és vízháztartásának a kutatását az évi biológiai ciklus alatt, továbbá azokat az összefüggés-vizsgálatokat, amelyek a makro- és mikroklima adatok, valamint az erdő struktúrája, összes szervesanyag termelése között fennállnak. A síkfőkúti interdiszciplináris kutatásoknak – amelynek fő koordinátora a *KLTE Ökológiai Tanszéke* – kiemelten fontos távlati célja, hogy a különböző kutatási területekről származó eredményeket majd igen nagy más területre lehessen általánosítani és kiterjeszteni.

Az eddigiekből kitűnik, hogy a tanszék két témája – amelynek központjában a szőlőnövényre és az erdőre fiziológiailag hatékony klimatikus, mikroklimatikus és energiaháztartási tényezőinek a vizsgálata áll –, számos részcelkitűzésből tevődik össze a komplexebb, egzaktabb megállapítások érdekében.

2. A kutatás eredményei

Az első témával kapcsolatos néhány eredmény: A szőlőültetvény állományklimájára jellemző – a hajtás és a levélzet kifejlődésétől a lombhullás kezdetéig –, hogy a sorköznek és a tőkesor lombkoronájának eltérő mikroklimája van, amelyek természetesen egymással szoros kölcsönhatásban vannak. A lombzat belső légtere és a sorközök légtere között – nappal – jelentős hőmérséklet- és légnedvességbeli különbségek jönnek létre (1,5–2,5 fok, illetve 3–5%). A különbségek számos tényezőtől függenek: pl. tenyészterület-től, tőke művelésmódtól, fajtatulajdonságtól stb. Így a vitálisabb Hárslevelű ültetvényben a lombkorona és a sorköz termikus, higrikus viszonyai között nagyobbak a különbségek, mint a Furmint fajta esetén.

A szőlőállomány – derült, szélesenedes időben, a délelőtti és déli órákban – a sugárzás hatására környezetének hőmérsékletén túl melegszik s ún. „*pozitív állományklimát*”, *hőtöbblet* hoz létre környezetéhez viszonyítva. A hőtöbblet, a körülményektől függően 1,0–6,0 fok között ingadozik. Méréseink szerint, ha az óráról-órára, illetve napról-napra a hőtöbbleteket összegezzük, akkor – a tenyészidőszak időjárásától függően – a 250–400 fokot is elérheti. Ezt a körülményt a szőlő vegetációs jelenségeinek (virágzás, érés stb.) tanulmányozásakor figyelembe kell vennünk. A pozitív állományklíma, a hőtöbblet szabályozható számos antropogén beavatkozással (tenyészterület, művelésmód, zöldmunkálatok, szélvédett területek kiválasztása stb.). Vizsgálataink szerint a szűktérállású, különösen jó vízgazdálkodású (hegylábi, völgyi fekvé-

sű) területekre telepített szőlőállományok olyan „zártszerkezetű állományt” létesíthetnek, hogy az állomány talajára csak csekély mennyiségű napsugárzás jut le, akadályozván a talajmenti légréteg fölmelegedését, vagyis az állományban „negatív állományklíma”, *hőhiány* alakul ki a környezethez képest. Ilyenkor a szőlőültetvény hőmérsékletét a kicserélődési folyamatok szabályozzák. A tágabb, széles sorközű, magasművelésű állomány sorközeiben – nappal, derült időben –, bár pozitív állományklíma jön létre, de a művelésmódból adódóan a megerősödő légmozgás, turbulencia gátolja a nagyobb hőtöbblet kialakulását. A kisebb szélvédelem miatt a szél a hőtöbblet létrehozására negatív hatást fejt ki, mivel onnan a meleg állománylevegőt kifújja. Ezenkívül az élénkebb légmozgás fokozólag hat az evapotranspirációra s ezáltal a szőlőállományt járulékosan tovább hűtheti. Feltehetően a fentiekkel függ össze az, hogy a széles sorközű, magasművelésű szőlők bogyóinak cukortartalma 0,5–2,0 cukorfokkal kisebb, mint – az aktív sugárzást felfogó talajfelszínhez közelebb álló – a közép, vagy alacsonyabb művelésűeké. A magasművelés főként meleg nyarakon jelent előnyt, mert a fűrtzőna védve van a felszín esetleges túlzó fölmelegedésétől. Ellenben a hűvös időjárású tenyészidőszak alatt a magasművelés hűvösebb mikroklímája még tovább fékezi az amúgy is vontatott fejlődést, a növekedést és a szervesanyag-termelést (Justyák, 1965a; 1965b).

A szőlőültetvény *sugárzás*-viszonyait számos tényező befolyásolja, mint pl. a tenyészterület, fajta, művelésmód, öntözés, domborzat, a szőlő növekedésének ritmusa stb. (Justyák, 1971; 1972; 1980). Legnagyobb az elnyelt sugárzás mennyisége a virágzás, ill. a termésképződés időszakában. Általában az mondható el, hogy ha a szőlőtőke összlevél-területe eléri a kb. 0,20–0,25 m²-t, akkor a lombkorona a beérkező sugárzásnak 75–80, 1,0–1,5 m³ esetén pedig 20–22%-át bocsátja át, a többit elnyeli. A tőkesor lombkoronájában forgalmazott energiamennyiség – a sorközben kialakulttal szemben – rendkívül kicsiny, ami azt jelenti, hogy „mikroadvekcio” formájában a sorközből és felülről kap energiát.

A lejtők alján – a kedvezőbb vízellátottság miatt – a szőlő vegetatív tevékenysége felgyorsul, s a lejtőkön levőkkel szemben olyan sűrű lombzatot hozhat létre, amely szinte lehetetlenné teszi a fény, illetve sugárzás kellő mértékű lehatolását. A nagyfokú önárnyékolás következtében a levelek fotoszintetikus aktivitása legyengül, s kisebb cukorfokot elérő fűrtök fejlődnek ki, mint a lejtőkre telepített szőlőkben. Ez különösen csapadékos tenyészidőszakban (1965, 1970, 1974) következett be.

A szőlőültetvényben a sajátos állományszerkezet nyomán kialakuló mikroklíma a makroklíma-hatásokat helyenként fokozza vagy mérsékli, az állomány térségeitől függően. Például a tőke déli, illetve délnyugati oldalának sugárzás- és meleg-többlete a virágzás, érés előbbi megkezdéséhez, a cukorfok megnövekedéséhez vezet az északi oldallal, vagy a tőke árnyékos belsejével szemben, ahol a bogyók cukortartalma 3–4%-kal kevesebb, savtartalma pedig 1–2%-kal több (Justyák, 1980). Vizsgálataink szerint az állományban „térreszenként” kialakuló mikroklíma-különbségek és a bogyók szárazanyag-tartalmának változása között szoros az összefüggés.

A szőlőültetvényre érkező rövidhullámú sugárzásnak a virágzás-érés közötti időszakban 18–20, lombszínűződéskor 19–21%-a verődik vissza a légkörbe. A fenológiai szakaszok közül az evapotranspirációra fordított hő a termésképződés idején a legnagyobb, ami a teljes sugárzási mérlegnek 62–65 %-a. Ez a párolgató felület növekedésével, a szőlő fokozott vízszükségletével

áll kapcsolatban. Az említett fenozakasz alatt az evapotranspiráció napi átlagában 3–4 mm között alakul.

Kutatásaink kiterjedtek arra is, hogy hogyan lehet növelni a szőlőnövény egységnyi területre jutó fotoszintézisét a produkció érdekében. Ezzel kapcsolatban megvizsgáltuk öt szőlőfajta növekedési jellemzőit.

A növekedési jellemzők közötti korrelációkat vizsgálva megállapítottuk, hogy a primer szervesanyag-tartalom időbeni felhalmozódásának arányát (RGR) a teljes asszimiláló felületnek a teljes növény súlyhoz való viszonya (LAR) határozza meg ($r = 0,9690$). A légköri tényezők közül a hőmérsékletnek, illetve a radiotermikus indexnek közvetlen hatása pozitív irányú a tiszta asszimilációs arányra (NAR), a növekedési arányra (RGR), a levélfelületi indexre (LAI) és az energiahasznosulás (efficiencia) mértékére.

A részletesebb eredményeket mellőzve, a szőlőfajta szerveinek kalóriaértéke a vegetációs időszak alatt 3800–4300 cal/g szárazanyag között változott. A fotoszintetikus aktív sugárzás és a szőlő kalóriaértékéből kiszámított *efficiencia* 1,5–2,5%. Ez arra utal, hogy még fokozható a hozam és a minőség szempontjából a szoláris energiának minél több beépülése a szőlőnövénybe. Elérhetjük ezt minden olyan antropogén beavatkozással, amely célul tűzi ki a fitoklíma, a sugárzásellátottság megjavítását, pl. sorirányítás, tökélművelésmódok, zöldmunkálatok helyes megválasztásával, a kedvező helyklíma adottságú területek feltárásával.

A *szőlő fejlődésütemét* 15 évi fenológiai adatsor alapján vizsgáltuk. Tarcal – Szarvasszőlőben 15 borszőlőfajta fenológiai fázisainak naptári dátumait dolgoztuk fel. A kapott eredmények szerint a nedvkeringés, rügyfakadás, virágzás kezdetének időpontjaiban a szőlőfajta között mindössze 4–5 nap különbség van. Az érés kezdetének időpontját viszont a fajtajelleg határozza meg, amikor is a fajta között 10 napot meghaladó eltérések mutatkoznak. A fenológiai fázisok megjelenési időpontjai és a fenofázistartamok évenként jelentős eltérést mutatnak. Az időjárás alakulásától függően pl. a virágzás megkezdődhet május közepén, de június 20-a után is.

A fenofázistartamok hossza a fototermikus és a radiotermikus indexszel mutatták a legszorosabb kapcsolatot. Ha kis sugárzásmennyiség magas hőmérséklettel párosul, akkor a fázistartamok rövidülnek, ha pedig nagy sugárzásmennyiség alacsony hőmérséklettel jár együtt, akkor a fázistartamok hosszabbodnak. Szoros összefüggést kaptunk a szőlő termésmennyisége és a virágzás időtartama között ($r = 0,890$). Ha ui. a virágzás időtartama rövid (8–10 nap), akkor a jobb megtermékenyülés következtében nagyobb termésre lehet számítani (Justyák, 1968; Brezovcsik és Justyák, 1972; 1973).

A terepklíma-kutatások keretében Tokajhegyalján több éven át 12 helyi klíma állomást működtettünk. Főként a Bodrogkeresztúri-félmedence komplex tájértékelésére került sor, együttműködve a *KLTE Gazdasági- és Regionális Földrajzi Tanszékével*.

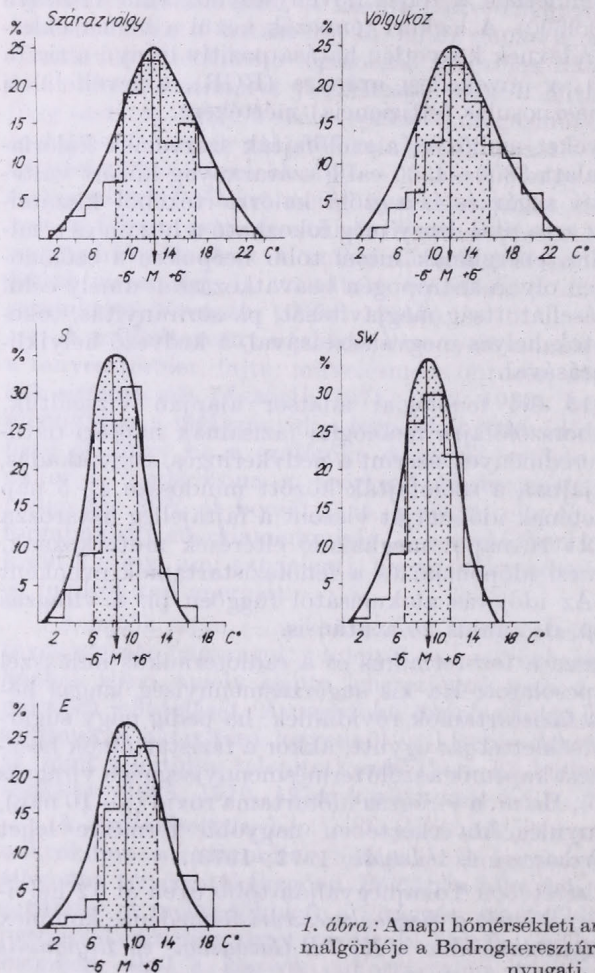
Az említett félmedencében az eltérő domborzati formák hőmérsékletmódosító hatását az *I. ábra* szemlélteti. Az 1973. április 1–október 31 közötti időszak alatt mért adatok szerint a hőmérséklet napi ingása a medencében szerfölött nagy – főként ősszel, derült napokon –, míg a lejtőkön kisebb. A napi hőmérsékleti amplitudók alapján – a Bodrogkeresztúri-félmedencében – kijelöltük az eltérő helyi éghajlati sajátosságú térségeket (*2. ábra*):

A – típus, a területi átlagnál legkisebb hőmérsékleti amplitúdával rendelkező terület (déli, délnyugati lejtő).

B – típus, a területi átlagnál kisebb hőmérsékleti amplitúdóval rendelkező terület (a keleti lejtő).

C – típus, a területi átlagnál nagyobb hőmérsékleti amplitúdójú terület (Völgyköz).

D – típus, a területi átlagnál legnagyobb hőmérsékleti amplitúdójú terület (Szárzavölgy).

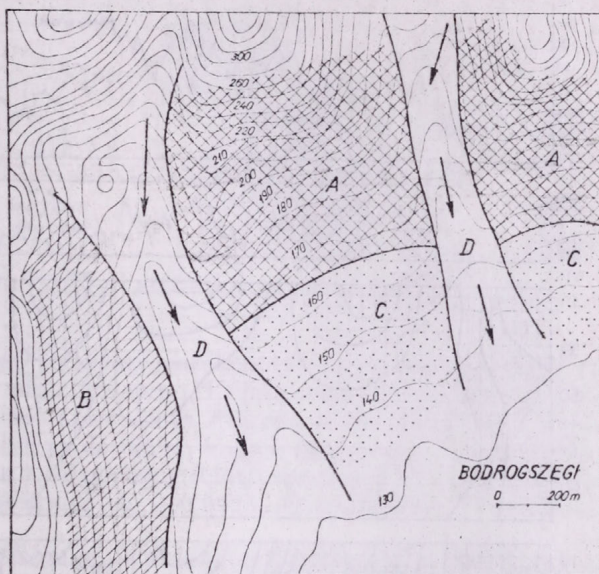


1. ábra: A napi hőmérsékleti amplitúdók relatív gyakorisága, normálgörbéje a Bodrogkeresztúri félmedencében. (S-déli, SW-délnyugati, E-keleti lejtő)

Az eltérő sajátosságú tereprészek, s a róluk készült, de itt nem közölt globálsugárzás-térképek, szoros összefüggést mutattak a szőlőbogyók cukortartalmával. A felmért területen pl. 1973. október 1-én a bogyók cukortartalma a völgyközben 17,7, a déli lejtőn 19,4, a délnyugati lejtőn 20,6, a keleti lejtőn 18,8% volt. (Brezovcsik és Justyák, 1973; Justyák és Martonné, 1979; Justyák, 1980).

Vizsgáltuk a különböző kitettségű- és hajlásszögű lejtők és a vízszintes felületre jutó közvetlen sugárzás kapcsolatát. Kiszámítottuk ezek pillanatnyi

értékének, ill. napi összegének hányadosát. Irodalmi adatok és saját eredményeink alapján 40° -nál kisebb lejtőszög esetén ezeket a hányadosokat egyenlőnek tekintettük a globálsugárzások hányadosával. Ennek kapcsán olyan módszert dolgoztunk ki, amellyel a különböző kitettségű és lejtőszögű lejtőkre jutó közvetlen sugárzás intenzitása valamely időpontban vagy időtartamra a vízszintes síkra érvényes adatokból számítható ki, egy szorzószám



2. ábra: Elhatároló tereprészek a napi léghőmérsékleti amplitúdók alapján a Bodrogszegi úri félmedencében

segítségével. Ezek a szorzószámok az általunk készített nomogramokról olvashatók le. A módszer alkalmas arra is, hogy egy adott területről sugárzási térképet készítsünk a lejtőirány és lejtőszög ismeretében (Justyák és Tar, 1973; 1974).

Tanulmányoztuk a lejtőtulajdonságok hatását a *sugárzási mérlegre és összetevőire*. A délies kitettségű lejtőkön a sík területhez képest, főként tavasszal és ősszel kedvezőbbek a sugárzási viszonyok. Ennek hatása tavasszal a rügyfakadás mielőbbi megindulásában, ősszel pedig a lejtőalján levőkkel szemben a szőlőbogyók kedvezőbb utóérésében (aszúsodás) nyilvánult meg.

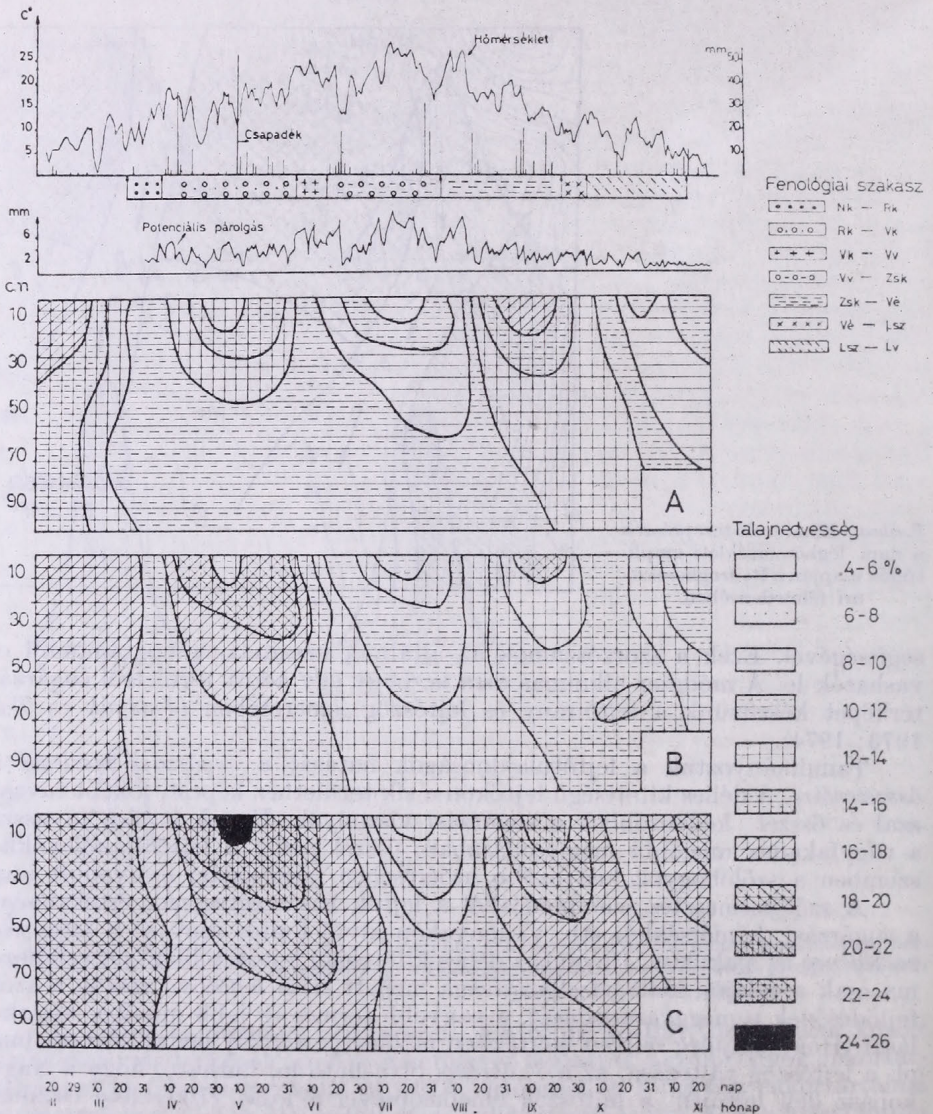
A szőlőtermesztés szempontjából a lejtők hasznosításának értékelésénél a sugárzási, hőmérsékleti stb. viszonyokon kívül fontos tényező a *talaj nedvességének* az alakulása. Ugyanis a délies kitettségű lejtők többlet energiahozáma csak a talajok kellő vízellátottsága mellett teszi lehetővé igazán a szőlő fejlődésének tömeggyarapodását, a nagyobb termés és jobb minőség kialakulását. Hogy helyileg milyen mértékben módosítja a talaj nedvességtartalmát pl. a lejtőszög változása, az a 3. ábráról olvasható le. Látható, hogy a Nagykopasz déli lejtőjén, a lejtőszög emelkedésével a talaj vízkészlete csökken. A lejtőszög változása és a talajnedvesség alakulása között lineáris összefüggés van (azonos talaj – lösz –, illetve azonos talajművelés és tőkeművelési mód mellett). A 8 évi rendszeres, 10 naponként vett minták alapján pl. a bogyók zsendülésének kezdetétől a vesszőérésig tartó fenológiai szakaszok alatt, 100 cm-es talajrétegre vonatkoztatva, a kapott összefüggés az alábbi:

$$W_2 = 1,435 + 1,160 W_1$$

$$W_3 = 5,416 \times 0,938 W_1$$

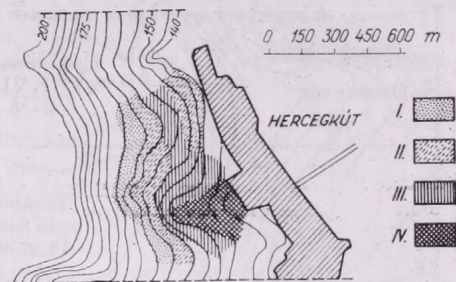
ahol W_1 = a lejtő alján mért átlagos talajnedvesség (súly-%), W_2 = a 6–7°-os, W_3 a 14–15°-os déli lejtő talajnedvessége.

Mindez arra utal, hogy főként a kedvezőbb sugárzás- és hőellátottságú délies lejtőket kellene inkább öntözni a hegylábi területekkel szemben.



3. ábra: A hőmérséklet, csapadék, potenciális párolgás és a talajnedvesség (súly-%) alakulása (1972-ben) a lejtő alján (C), a 6–7°-os (B), és a 14–15°-os (A) déli lejtőn Tarcfal-Szarvasszőlőben. Fenológiai szakaszok: Nk-növekedés kezdete, Rk-rügyfakadás kezdete, Vk-virágzás kezdete, Vv-virágzás vége, Zs-zsendülés (érés) kezdete, Vé-vevesszőérés kezdete, Lsz-lombszineződés, Lv-lombhullás vége

Az eltérő sajátosságú tereprészek elkülönítésében, a *fagykár felvételezések*, ill. *fagykártérképek* is jó szolgálatot tettek. Mellőzve a részleteket, a felvételezések bizonyítják, hogy legnagyobb a fagy (kisugárzási fagy) pusztító hatása a hegylábi felszínnek völgyeiben, a völgyek alsó szakaszain, a töleséres völgytorkolatokon. Példa erre a Sárospatakról nyugatra fekvő Hercegkút mögötti töleséres völgytorkolatban (4. ábra) végzett fagykár-felméréseink eredménye.



4. ábra: Töleséres völgytorkolat fagykártérképe. Jelölések: I=mérsékelt fagykár (25–50%), II=közepes fagykár (50–75%), III=erős fagykár (75–90%), IV=teljes fagykár 90–100%)

A hercegkúti völgy kiszélesedő torkolati részében 150 m magasságig teljes és erős (IV., III.) fagykár volt, míg a közepes (II.) károsodás 160 m-ig ért fel, az 1973. ősz végi méréseink szerint (*Justyák és Pinczés*, 1976). Egyébként valamennyi tokajhegyaljai mérésekből az derült ki, hogy a magasság (Y) növekedtével a fagykár csökken, vagyis a tengerszint fölötti magasság (Y) és a fagykár (X) között a kapcsolat ellentétes, $r = -0,9225$. Összefüggés: $Y = 105,7 - 0,604 X$.

A szőlőfajták közül a Furmint, a Hárslevelű a fagyot kevésbé, míg a Szürkebarát, a Tramini jobban bírta. Ennek jelentősége a fajták helyes kiválasztásában és megfelelő adottságú termőhelyre való telepítésükben nyilvánul meg (*Justyák és Pinczés*, 1976; *Justyák*, 1980).

A második témával kapcsolatos néhány eredmény. Az erdő, mint legnagyobb méretű növényi biomasz, mint leghatásosabb szervesanyagot produkáló ökoszisztéma, jelentős helyi és mikroklimatikus kontrasztot hoz létre maga és környezete között. Olyan sajátos belső állományklimát alakít ki, amely lehetővé teszi a másodlagos szervesanyag-mennyiség (*szekunder produkció*) nagymértékű növekedését. De az erdő fontos szerepet tölt be a felszín hő- és vízháztartásában is. Az erdő állományklimáját, hő- és vízgazdálkodását számos tényező befolyásolja, mint pl. az erdő tömege, kora, fajtája, fejlődési ritmusa, lombos vagy lombtalan állapota, az időjárás stb. (*Justyák*, 1976). Ezen számos befolyásoló tényező közül a lombos és lombtalan erdő hatását mutatjuk be a *sugárzási mérleg és összetevőinek alakulására* (I. táblázat).

Amint látható, a lomb nélküli erdő (Síkfőkút) belső légterében forgalmazott energiameennyiség jóval nagyobb, mint lombos állapotban. Ez azt jelenti, hogy nyáron az erdő talajmenti levegője nem a lombozaton keresztül lejutó sugárzási energiától melegszik fel. Nem folytat önálló energia-gazdálkodást. *Függő mikroklimát* képvisel, amely oldalról és felülről kap energiát, advekció formájában. Lomb nélküli állapotban, amikor az erdő alsó szintjében a felső szint teljes sugárzási mérlegének több mint 30%-a van jelen, az erdő belsejében *független energiagazdálkodás* megy végbe. Erre az időszakokra esik a lágyszárú növények megjelenése, fejlődése és virágzása (*Justyák*, 1978).

Az *elnyelt sugárzás* legkisebb télen és tavasszal, amikor a fák száraz le-

vélzetüket is lehullaják, a legnagyobb nyáron. Az erdő által átbocsátott sugárzás pedig nyáron a legkisebb és tavasszal a legnagyobb.

Az erdő *albedójáról* amely az erdő által felvehető rövidhullámú energia-bevételt szabja meg, a *II. táblázat* tájékoztat.

Méréseink lehetővé tették, hogy az egész erdőállomány vertikumában

I. TÁBLÁZAT

A sugárzási egyenleg és összetevői (MJ.cm⁻².nap⁻¹) derült napokon

Összetevők	Újszentmargita	Sikfőkút	
	1971. VIII. 2-3.	1978. VII. 27-31.	1978. IV. 6-9.
	Lombos erdő felett 16 m-en	Lombos erdő felett (26 m-en)	Lombtalan erdő felett (26 m-en)
Globálsugárzás	25,3	24,9	18,4
Reflexsugárzás	2,6	3,0	2,1
Albedó (%)	10,3	12,1	11,4
Rövidhullámú sug. mérleg	22,6	21,9	16,2
Effektív kisugárzás	7,6	7,9	7,5
Teljes sug. mérleg	15,0	14,0	8,7
	erdőben 2 m-en	erdőben 2 m-en	
Globálsugárzás	1,5	1,2	6,9
Reflexsugárzás	0,12	0,04	0,38
Rövidhullámú sug. mérleg	1,4	1,2	6,3
Effektív kisugárzás	0,75	0,67	3,7
Teljes sug. mérleg	0,65	0,53	2,6

megállapítsuk a sugárzás csökkenésének mértékét. Az újszentmargitai erdőre vonatkoztatva az állapítható meg, hogy az erdő által átbocsátott sugárzás a Beer-féle formulával nem írható le. Esetünkben az átbocsátott sugárzás mennyisége az erdő különböző szintjeiben viszont *logisztikus* vagy *autokatalitikus* függvényvel közelíthető meg a legjobban:

$$y = \frac{100}{1 + e^{4,28 - 0,48x}}$$

ahol y = az átbocsátott sugárzás %-ában, x = az erdőállomány belső terében tetszőlegesen kiválasztott szintmagasság m-ben.

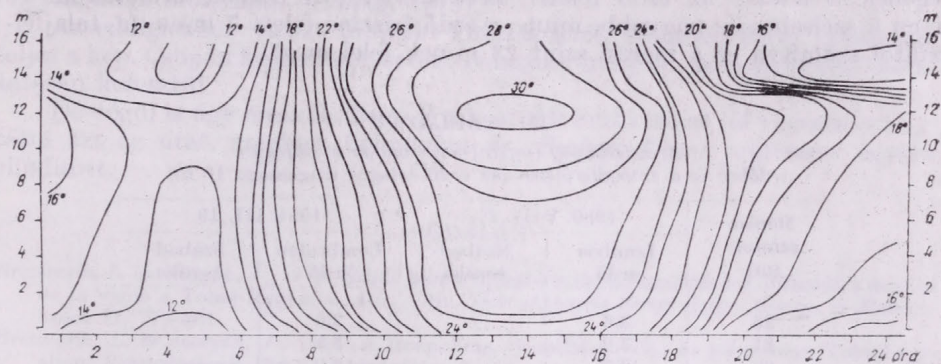
II. TÁBLÁZAT

A síkfőkúti cseres-tölgyes erdő albedója (%)

Év	Tavaszi	Nyár	Ősz	Tél
1975	14,0	15,5	16,4	14,9
1976	15,9	16,3	12,2	17,6

Az a tény, hogy az átbocsátott sugárzás a Beer-féle formulával nem írható le, csak logisztikus függvényvel, arra utal, hogy az erdő nem homogén struktúrájú, kiritkult, öreg sarjerdő (Justyák, 1979).

Az erdőben a hőmérsékleti rétegződés a sugárzás függőleges eloszlásának megfelelően alakul, ami az erdő szerkezeti felépítésével kapcsolatos. Lomb



5 ábra: A levegő hőmérsékletének függőleges eloszlása tölgyerdőben (Újszentmargita, 1971. V. 13–22)

nélküli állapotban, nappal – az újszentmargitai erdőben – a legnagyobb sugárzás-elnyelés 8–12 m közötti ágzónában következik be, s a talajra az össz sugárzásnak mintegy 50%-a érkezik le, ami kifejezésre jut a talajközeli felső levegő hőmérsékletének emelkedésében is. Az éjszakai órákban két zónában alakul ki alacsony hőmérsékletű levegőrég: a talajfelszínen és az ágzóna szintjében. A lombkorona kifejlődésével a déli órákban az erdő törzszónájának hőmérséklete 5,0–6,0 fokkal alacsonyabb, mint az erdő sugárzást felfogó felső lombkorona szintje. Éjjel viszont ez a réteg hül le a legjobban – a zavartalan kisugárzás következtében – a törzszónához képest 1,0–2,0 fokkal (5. ábra).

A legerősebb lehűlés idején, napfelkeltekor, az erdő talaján, a cserjeszintben, ill. a koronák szintjében nagyobb a nedvesség (kb. 4–5%-kal), míg a korona felszínén meginduló fölmelegedés a levegőt kiszárítja. A legerősebb fölmelegedéskor, derült időben, a déli órákban a relatív nedvességnek két maximuma alakul ki. Az egyiket a talajból kiáramló vízgőz okozza, a másikat a koronák szintjében a levelek transpirációja. Napnyugtakor, a csökkenő hőmérséklet hatására, a cserjeszintben, ill. az erdő talajmenti légrétegében a nedvesség fokozódik, míg a koronák szintjében a relatív kiszáradás még tart (Nagy, 1972).

A hőháztartási összetevők alakulására vonatkozóan azt mondhatjuk el, hogy cseres–tölgyes erdőben (Sikfő-kút) az erdő felett mért adatok szerint a sugárzási mérlegnek a vegetációs szakasz kezdetén mintegy 70–72%-a az evapotranspirációra, 25–27%-a a levegő fölmelegítésére fordítódik. A vegetációs szakasz közepén 75–77, ill. 22–25, a végén pedig 62–64, ill. 32–34%. Az összetevők egymáshoz viszonyított aránya, természetesen, nagymértékben függ a vegetációs szakaszok időjárásának csapadékos vagy száraz jellegétől.

Az erdőbe a légáramlás behatolási mélysége, nemkülönben az erdőben uralkodó szél- és csapadék-viszonyok éppen úgy függnek az erdő sajátosság-

gaitól (struktúra, zártság, a fák fajtája, kora stb.), miként a sugárzás, hőmérséklet, vagy nedvesség alakulása.

Lombos állapotban az erdő belsejében alig van légmozgás még akkor is, ha a szabad területen erős szél van. A *III. táblázat* is arról tájékoztat, hogy lombos erdő belsejében a szabad terület szélesebségének csak 5, lomb nélküiben 16%-a tapasztalható. Jellemző a lomb- és ágak flexibilitásának, érdeségének a hatása az erdő feletti szélesebségre. A szabad területen ui. 10 m-en a szélesebség nagyobb, mint az erdő felszíne felett 7 m-en (a talajfelszíntől számítva ez a mérési szint 23 m-nek felel meg).

III. TÁBLÁZAT

A szélesebség [m/sec] napi átlaga a síkfőkúti erdőben és a szabadterületen (az erdő átlagos magassága 16 m)

Mérési szintek (m)	1980. VIII. 21.		1981. III. 19.	
	Lombos erdő	Szabadterület	Lombtalan erdő	Szabadterület
23	3,6	—	3,6	—
21	3,0	—	3,1	—
20	2,7	—	2,9	—
10	0,4	3,9	1,4	5,2
1	0,1	2,0	0,4	2,5

Sajátosan alakul az erdőben a *csapadék* eloszlása. Méréseink szerint Síkfőkúton, a vegetációs periódusban az erdő feletti csapadéknak átlagosan 75%-a jutott a légyszárú növények szintjére, ill. a talajra; az újszentmargitai erdőben is csak 70–80%, a többi csapadékot a levélzet, az ágak visszatartották. A csapadékvisszatartás (intercepció) fordítottan arányos a csapadék mennyiségével és intenzitásával. Minél több a csapadék, annál kisebb a visszatarthatás. A 2,5 mm-nél kisebb csapadékmennyiségnek több mint 50%-át tartja vissza a lombkorona, míg a 30 mm feletti összegből csak kb. 10%-ot. Több évi, rendszeres mérések alapján az erdő és az erdei tisztás napi csapadék összege közötti kapcsolatot az alábbi egyenlet fejezi ki:

$$y = 0,9056x - 0,7388$$

ahol y = a napi csapadékösszeg az erdő lombkoronája alatt, x = a napi csapadékösszeg az erdei tisztáson (Nagy, 1974).

Síkfőkúton a talajnedvességi vizsgálatok szerint nyáron az erdő talajának vízkészlete a 60 cm-es talajrétegben 25–35 mm-rel kevesebb, mint az erdő szomszédságában levő szőlőültetvényben. Az erdő talajának szárazabb volta egyrészt az erdő jelentős mértékű csapadékvisszatartásával, másrészt a nagy transpiráció miatt fokozott vízfelvételével magyarázható. Az egy napra eső átlagos *talajpárolgás* – szintén nyáron – az erdőben 1,2, szőlőültetvényben 2,3, fűvel borított területen 1,8 mm. Az idevonatkozó vizsgálatok részletes feldolgoása most van folyamatban.

A fentebb említett vizsgálatok igen jelentősek, mert a produkció nagysága az élő szervezet *produkciós* képességén – potenciális produkcióján – kívül a természeti feltételek, többek között a sugárzás-, hő- és vízháztartásviszonyok alakulásától is függ. Fontos pl. az erdőbe érkező sugárzási energia hasznosulásának mértékének, az efficienciának a megállapítása. Az efficiencia

mértéke a síkfőkúti erdőben a lombkorona szinttől a gyepszint felé haladva emelkedő tendenciát mutat. Ez a növekedés a lomb által megszürt, és a vörös hullámhossz felé tolódó, zömmel szórtsugárzás, valamint a talajközeli légréteg nagyobb szén-dioxid-koncentrációja, továbbá a levegő tartósan magas páratartalmának fotoszintézist növelő együttes hatásával lehet összefüggésben. Az egész erdő energiahasznosulási mértéke 1,6%, ami viszonylag kedvező nagyságúnak mondható (Jakucs, 1978).

Az eddigiekben vázolt tanszéki kutatásokról, eredményekről korántsem teljes a kép. Csupán keresztmetszetet kívántunk nyújtani szemelvények bemutatásán keresztül.

De végül is úgy érezzük, hogy igyekeztünk munkánkat jól végezni, s folytatni azt az utat, amelyen bennünket dr. Berényi Dénes professzor egykor elindított.

IRODALOM

- Brezovcsik, L. és Justyák, J., 1972: Étude biophénologique de la floraison des différentes espèces de la vigne a Tokaj-Hegyalja. *Acta Univ. Debreceniensis Series Geogr. Geolog. et Meteorologica* 11, 77–101.
- Brezovcsik, L. és Justyák, J., 1973: A terepklíma vizsgálatok célja és jelentősége Tokajhegyalján. *Rekonstrukciós Bizottság kiadványa*, 1–14.
- Brezovcsik, L. és Justyák, J., 1973: Szőlőfajták virágzásának biofenológiai jellemzői Tokajhegyalján. *KLTE Meteorológiai Tanszékének Tud. Közl.* 5, 1–23.
- Jakucs, P. 1978: A környezetbiológiai kutatások kérdéséről. *MTA Biol. Oszt. Közl.* 24, 61–77.
- Justyák, J., 1965 a: Une étude de la température des grains de raisin á Tokaj-Hegyalja. *Acta Univ. Debreceniensis Series Geogr. Geolog. et Meteorologica* 9, 66–77.
- Justyák, J., 1965 b: Contribution á l'étude du climat intérieur des vignes en culture haute en Tokaj-Hegyalja. *Acta Univ. Debreceniensis Series Geogr. Geolog. et Meteorologica* 9, 45–65.
- Justyák, J., 1968: Untersuchungen der Zusammenhänge zwischen meteorologischen Elementen und dem Weinertrag in Tokaj-Hegyalja. *Mat. Naturwiss.* 17, 415–416. Leipzig.
- Justyák, J., 1971: Vlijanije orosenyija na radiacionnij balans vinogradnyikov. *Szer. Geogr.* 13, 3–7.
- Justyák, J., 1972: Ein Beitrag Zum Energiehaushalt (Wärmehaushalt) und zum Wasserhaushalt der Weinrebe in Tokaj-Hegyalja. *Zbornik Prác* 4, 67–78.
- Justyák, J. és Tar, K., 1973: A déli lejtőre és a vízszintes felszínre jutó közvetlen sugárzás kapcsolata. *Időjárás* 77 165–174.
- Justyák, J. és Tar, K., 1974: A keleti, a nyugati lejtőre és a vízszintes felszínre jutó közvetlen és globálisugárzás kapcsolata. *Időjárás* 78 228–234.
- Justyák, J., 1976: Erdőklíma vizsgálatok a debreceni Nagyerdőben. *Debreceni Nagyerdő Fejlesztési Terve, DTV*, 35–45.
- Justyák, J. és Pinczés, Z., 1976: A domborzat fagykármodosító hatása Tokajhegyalján. *Földrajzi Értesítő* 1, 31–60.
- Justyák, J., 1979: Radiacionnij rezsim leszov. *HMU. Prác a Studije* 23, 27–59.
- Justyák, J. és Martonné Erdős, K., 1979: A domborzatnak és a napsugárzásnak mint termőhelyi tényezőknek alakulása a Bodrogkeresztúri-félmencedében. *Földrajzi Értesítő* 3–4, 249–266.
- Justyák, J., 1980: A szőlőültetvény sugárzási viszonyait módosító eljárások. *Léghör* 3, 17–20.
- Justyák, J., 1980: Geländeklimatologische Untersuchungen im Zemplén-Gebirge. *CIMA*—80, 309–314.
- Nagy, L., 1972: Sugárzás és hőmérséklet-vizsgálatok az újszentmargitai erdőben. *MTA Biol. Oszt. Közl.* 15, 51–60.
- Nagy, L., 1974: Data to the precipitation interception of Galatello-Quercetum roboris at Újszentmargita. *Acta Bot. Acad. Sc. Hung.* 20, 327–332.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 85. évf. 6. szám. 1981. november–december
Journal of the Hungarian Meteorological Service. Vol. 85. No. 6. Nov.–Dec. 1981, Budapest

A trópuson kívüli cirkuláció örvényszerkezetének néhány jellemzője

MIKA JÁNOS, Központi Előrejelző Intézet, H-1675 Budapest, Pf. 32.

Some characteristics of vortex structure of the extratropical circulation. On the basis of the daily 500 mbar thickness patterns of two years some characteristics of the extratropical circulation are analyzed. The processing is performed with the aid of a topological model involving the number of vortices and their mutual comprising relations, in form of tree-graph. Considering the parallel annual trend a linear, regressive relation can be established between the depth of the circumpolar vortex and the meridional temperature gradient. The value of the closed contour line bordering the circumpolar vortex from the low latitudes is constant during the year. The distribution of the cyclones with regard to their geopotential values shows double maximum, but in summer months they fuse into a single one. This character of the distribution separates the cyclones of the polar and the temperate zone. The frequency of the depth of the cyclones has a nearly exponentially decreasing distribution, about 60% of those is bounded by only closed contour line. The monthly average number of cyclones existing simultaneously, is between 7 and 9, the number of anticyclones is between 1 and 2. By a correlation analysis it was proved that on the 500 mbar level the number of cyclones is neither related to the number of cyclones, nor to the depth of the circumpolar vortex. The positive correlation coefficients, indicating the one-day persistence tendency of cyclones, are small. However, there is a relatively good negative relation between the numbers of cyclones occurring in the temperate and polar zone.

*

A trópuson kívüli cirkuláció örvényszerkezetének néhány jellemzője. Két év naponkénti 500 mbar-os abszolút topográfiai alapján elemezzük az extratropusai cirkuláció néhány sajátosságát. A feldolgozást, az örvények számát és a kölcsönös tartalmazási relációikat rögzítő topológiai modell segítségével végezzük el, annak fa-gráf formájában megjelenő ekvivalens átalakítása után. A cirkumpoláris örvény mélysége a párhuzamos évi menet alapján lineáris regressziós kapcsolatba hozható a meridionális hőmérsékleti gradienssel. A cirkumpoláris örvényt az alacsony szélességek felől határoló zárt izohipsza értéke ugyanakkor az év folyamán állandó. A ciklonok geopotenciál értékek szerinti gyakorisági eloszlását kettős, de a nyári hónapokban egybeolvadó maximum jellemzi, ami elhatárolja a poláris, illetve a mérsékelt övi ciklonokat. A ciklonok mélysége közel exponenciálisan lecsengő gyakoriságot mutat, mintegy 60 százalékukat csak egy zárt izohipsza határolja. Az egyidejűleg fennálló ciklonok száma havi átlagban 7 és 9, az anticiklonok száma 1 és 2 között váltakozik. Korrelációs analízissel kimutattuk, hogy 500 mbar-on a ciklonok száma az egyes napokon nincs összefüggésben sem az anticiklonok számával, sem a cirkumpoláris örvény mélységével. A mérsékelt övi, valamint a poláris ciklonok egy napos megmaradási hajlamát jelző pozitív korrelációs kapcsolatok lazák. Az egyidejű, kétféle típusú ciklonok száma között azonban viszonylag jó negatív kapcsolat áll fenn.

*

Bevezetés. Az általános cirkulációs modellek gyors fejlődése az éghajlat újabb, egyre finomabb jellemzőinek számítógépes szimulálását teszi lehetővé (*Zirkulationsmodelle*, 1979). A valóság mind pontosabb reprodukálásának igénye nemcsak a modellezési eljárásokat, hanem a globális klimatológiai vizsgálatokat is ösztönzi. A hagyományos, gyakorlati fontosságú éghajlati

jellemzők mellett szükség van olyan elvontabb aeroklimatológiai feldolgozó-sokra is, amelyek feltárják a különböző hullámhosszak közötti nem lineáris kölcsönhatások statisztikai jellemzőit a szinoptikus skálától a planetáris skáláig bezáróan. Más szóval tanulmányozni kell a szinoptikus örvények és az általános légkörzés nagyobb méretű képződményei közötti időbeli és térbeli összefüggéseket.

Ennek hagyományos, igen számításigényes módja a napi geopotenciál mezők zonális átlagolás utáni felbontása átlagos- és örvénykomponensre, majd időbeli átlagolással a stacionárius és tranzienstagok elkülönítése (*Guterman*, 1976, 1977), és esetleg további, a hullámszám szerinti bontás alkalmazása.

Dolgozatunkban lényegesen egyszerűbb eszközökkel keresünk választ az alábbi kérdésekre:

Milyen mély a legmélyebb örvény?

Mekkora szintkülönbség van a szubtrópusi övvel határos legkülső zárt izohipsza és a legmélyebb örvény között?

Milyen geopotenciál értékek jellemzik leggyakrabban a ciklonokat?

A ciklonok hány százalékában analizálható egynél több zárt izohipsza?

Milyen arányú a ciklonok mellékciklonokra való bomlása?

Hány ciklont és anticiklont foglal magába egyidejűleg a cirkumpoláris örvény?

Milyen a közepes és a magas szélességeken egyidőben létező örvények számának kapcsolata?

Milyen mértékű az egyidőben létező ciklonok és anticiklonok számának korrelációja?

Függ-e a ciklonok száma a cirkumpoláris örvény legmélyebb és legmagasabb zárt izohipszájának szintkülönbségétől?

Van-e összefüggés a ciklonok száma között két egymást követő napon?

Milyen kapcsolatban vannak e mennyiségek az általános cirkuláció más jellemzőivel?

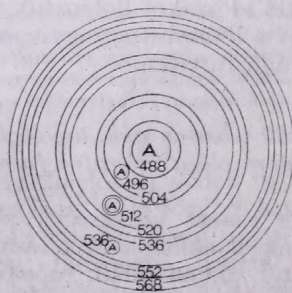
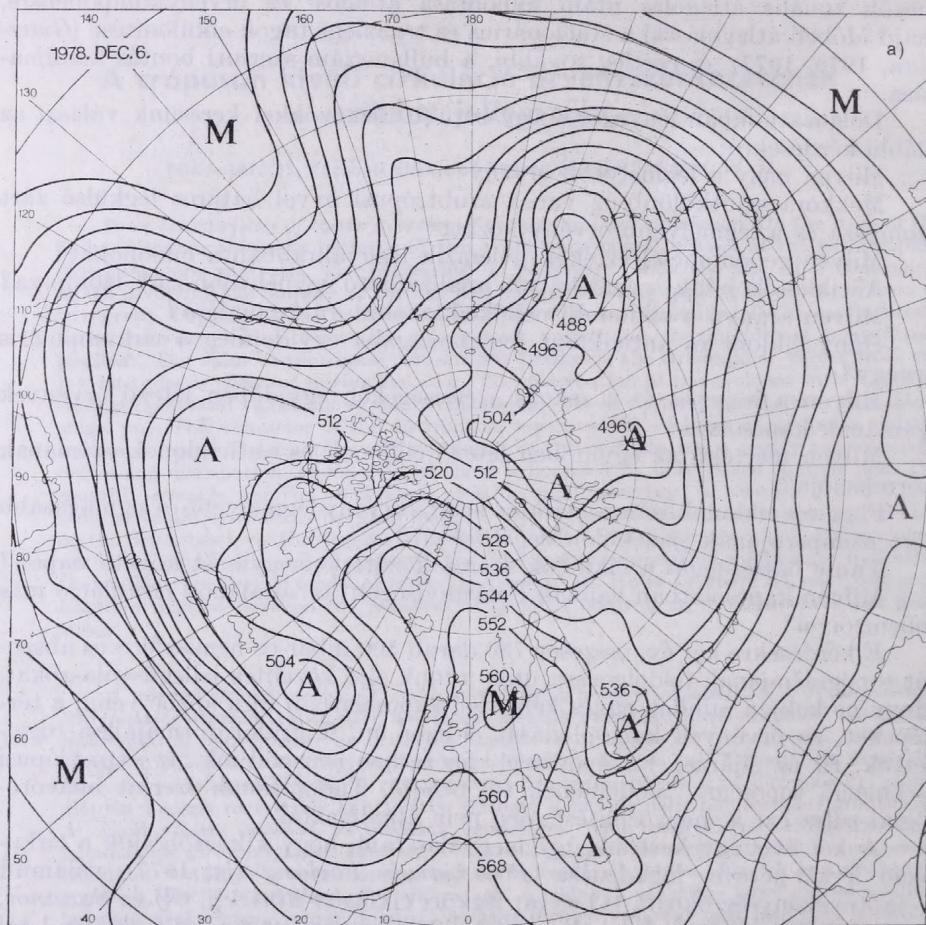
E kérdésekre két év, összesen 730 darab 500 mbar-os hemiszférikus abszolút topográfiájának feldolgozása után adunk első közelítés jellegű válaszokat. Hogy ne kelljen minden egyes kérdéssel kapcsolatban újra kézbe venni a térképeket, az örvények kapcsolódását először ún. fa-gráfok formájában rögzítettük. Ez az eljárás, amelyet az 1. fejezetben ismertetünk, az extratrópusi cirkuláció topológiai modelljének tekinthető. Tudomásunk szerint meteorológiai célra ezt a megközelítést még nem alkalmazták.

A két évet igyekeztünk úgy megválasztani, hogy kiküszöböljük a cirkuláció kvázi-kétéves ingadozása (*Pogoszjan* és *Pavlovszkaja*, 1977), valamint a naptevékenység okozta (11 éves) légköri ciklus (*Vitinszkij*, *Olj* és *Szazanoq*, 1976) hatását. Ennek érdekében az 1973-as év mellett az 1978. július 1-től 1979. június 30-ig terjedő időszakot dolgoztuk fel. A két év kezdő napjai között 66 hónap, 5 és fél év a különbség, vagyis mindkét ciklus szerint ellentétes fázisú időszakokat vettünk figyelembe.

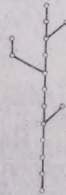
1. Az 500 mbar-os szint topológiai modelljének ábrázolása fa-gráfok formájában

Ha a mérsékelt és magas szélességek kvázi-horizontális cirkulációját illetően elvonatkoztatunk a ciklonok és az anticiklonok földrajzi helyétől és horizontális kiterjedésétől, akkor annak topológiai modelljéhez jutunk. Ez a

modell a teljes képből annyit őriz meg, hogy milyen a zárt izohipszák egymásba „skatulyázottsága”, a tartalmazás relációja. Az 1. a, b, c ábrán az 1978. december 6-i éjféλι 500 mbar-os topográfiát mutatjuk be eredetiben, továbbá topológiai modelljének egymást páronként nem metsző szabályos körök, illetve gráfok formájában ábrázolva. A körökről a zárt, élsorozat nélküli ún. fa-gráfokra való ekvivalens áttérésnél *Rouse-Ball* (1947) szabályai szerint jártunk el.

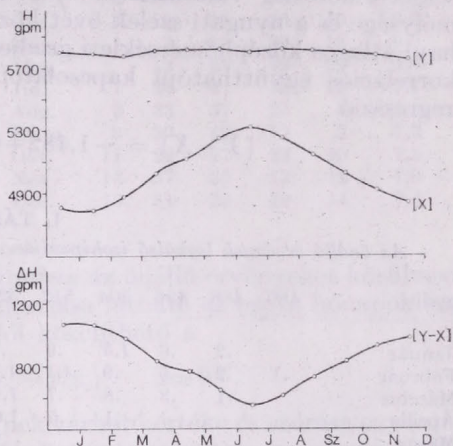


488
496
504
512
520
528
536
544
552
560
568
576



1. ábra: Áttérés az abszolút topográfiáról (1. a) annak topológiai modelljére (s a modell fa-gráfos ábrázolására (1. c)

Ennek értelmében a külső legmagasabb zárt izohipsza a fa „gyökere” (Rényi, 1976). Ebből annyi „szögpon”-hoz vezet „él”, ahány ciklont körül-fogó zárt izovonal van az „egyfel mélyebb szinten”, azaz 80 gpm-mel alacsonyabb értékkel. Minden így felrajzolható szögpon ismét annyi ponttal van összeköttesben, ahány zárt izohipsza található a kérdéses zárt izohipszánál ismét 80 gpm-mel alacsonyabb szinten belül. Minden fa-gráf esetén definiál-



2. ábra: A legmélyebb [X] és a legkülső [Y] zárt izohipszák értékének, valamint a cirkumpoláris örvény mélységének [Y-X] évi menete

ható annak „magassága”, mint a legtöbb pontot felölelő élfolyam hossza. Ez esetünkben a cirkumpoláris örvény legmagasabb és legalacsonyabb értékének szintkülönbségét jelenti. Az ábrázolás során az áttekinthetőség érdekében a leghosszabb élfolyamot fő-örvénynek tekintettük és a ciklon-eredéseket ehhez viszonyítva értelmeztük. Ha két vagy több egyforma hosszú élfolyam volt, akkor azt tekintettük fő örvénynek, amelyhez több ciklon kapcsolódott. Néhány esetben előfordult, hogy két teljesen egyenértékű élfolyam (örvénysorozat) alakult ki egy időben, ekkor nincs jelentősége, hogy melyiket tekintjük fő-örvénynek. Az anticiklonok 500 mbar-on már egyenes, elágazás nélküli élfolyamot alkotnak, ezért ezeket a ciklonok fa-gráfjában nem ábrázoljuk.

Az ismertetett módon elkészítettük a 730 nap mindegyikének fa-gráf formában ábrázolt topológiai modelljét. Az általános cirkuláció topológiai modelljét általánosabb kategóriákban gondolkodva (Kocsondi, 1976) az eszmei jelmodellek körébe sorolhatjuk. A modell természetesen bármely főizobár szinten értelmezhető.

2. A modell fő jellemzőinek évi menete

2.1. A cirkumpoláris örvény mélysége. Az 1. fejezetben ismertetett fa-gráfok legegyszerűbb jellemzői a következők:

[X]: a gráf „tetejének” a szintje = a legmélyebb zárt izohipsza

[Y]: a gráf „gyökerének” a szintje = a legkülső még zárt izohipsza

[Y-X]: a két szint különbsége, vagyis a gráf magassága = a cirkumpoláris örvény mélysége.

E jellemzők évi menetét a 2. ábrán mutatjuk be. A ciklonok, valamint a cirkumpoláris örvény mélysége kifejezett évi menetet mutat, februári mini-

mummal, illetve júliusi maximummal, ugyanakkor a cirkumpoláris örvény széle-
lének évi magasságváltozása csekély. A legkülső izohipsza az összes eset
1,8%-ában 5680, egyébként 5760 vagy 5840 gpm volt. Az [X] illetve [Y - X]
mennyiségek átlagértékeinek hibaszórása (s/\sqrt{n}) 8 és 13 gpm; az [Y] mennyi-
ségé 5 és 6 gpm között váltakozott.

A cirkumpoláris örvény mélységének évi menete a meridionális hőmér-
séket-különbség változásával van összefüggésben. A cirkumpoláris örvény
mélysége és a nyugati szelek övét közrefogó 30°N - 80°N közötti 500 mbar-os
havi átlagos középhőmérsékleti gradiens (Hanevszkaja, 1968) között $r = 0,938$
korrelációs együtthatójú kapcsolatot találtunk (12 adatpárból). A lineáris
regresszió

$$[Y - X] = -1,482 + 0,545 \Delta T_{30-80} \text{ alakú.}$$

I. TÁBLÁZAT

Az önálló örvények legkülső izohipszájának érték szerinti megoszlása (előfordulás/nap)

gpm	480	488	496	504	512	520	528	536	544	552	560	568	576	584
Január		.2	.6	1.5	.9	.9	.5	.5	.5	.4	.7	.4	.2	.0
Február	.1	.2	.5	.9	1.3	1.2	1.0	.4	.4	.6	.4	.3	.1	.1
Március		.1	.3	.8	.7	1.7	.12	.6	.5	.8	.6	.2	.0	.0
Április				.1	.5	1.0	1.8	1.6	1.0	1.1	.9	.4	.2	.1
Május						.2	1.0	1.5	2.0	1.4	.9	1.1	.6	.2
Június						.0	.1	.9	1.8	1.6	1.9	1.0	1.3	.4
Július								.1	.5	1.5	2.9	1.5	1.0	.2
Augusztus								.2	1.3	1.9	1.5	1.3	.8	.2
Szeptember						.1	1.1	1.4	1.4	1.5	.5	.3	.6	.2
Október			.0	.2	.5	1.6	1.2	1.1	.6	.6	.3	.4	.4	.3
November		.0	.1	.9	1.3	1.1	1.0	.6	.5	.3	.2	.5	.7	.1
December		.1	.5	1.1	1.7	1.4	.8	.4	.3	.4	.3	.3	.1	

2.2. A ciklonok eloszlása a cirkumpoláris örvény szintjein. A következő
sajátosság, amit a fa-gráfról megállapíthatunk az, hogy mekkora értékkel
milyen gyakran jelenik meg a ciklonok legkülső zárt izohipszája. Kanter (1975)
számításai nyomán ismeretes, hogy az egyes izohipsza-vonalak elhelyezke-
désének hosszúság szerint átlagolt földrajzi szélessége az adott hónapra jel-
lemző, egyik napról a másikra alig változó érték. Így a geopotenciál-szintek
szerinti gyakorisági eloszlás egyben az átlagos földrajzi szélesség szerinti
eloszlásra is utal.

Az I. táblázat a ciklonok legkülső izohipszájának érték szerinti gyakori-
sági eloszlását mutatja az év folyamán. (A több magvú ciklonokat csak egyszer
vettük figyelembe.) Dőlt szedéssel a lokális maximumokat jelöltük. A viz-
sgált izohipsza értéke kettős maximumot mutat, amely azonban júliusban és
augusztusban, a cirkumpoláris örvény minimális mélysége idején, összeolvad.
A két szélső érték a részekre szakadó középponti örvény nagy kiterjedésű polá-
ris ciklonjait, illetve cut-off ciklonok és a baroklin hullámból kifejlődő mérsé-
kelt övi ciklonok két csoportját különíti el.

A középponti ciklon részeinek illetve a mérsékelt övi ciklonoknak a minő-
ségi elkülönítése céljából minden hónapra meghatároztunk olyan határ-szin-
teket, amelyek felett többségükben egyik, illetve másik jellegű zárt alacsony-
nyomás található. E szétválasztást, amit az I. táblázaton függőleges vonallal
jeleztünk, a 3. fejezetben vizsgált korrelációs kapcsolatoknál használjuk fel.

II. TÁBLÁZAT

Az önálló örvényeket körülvevő zárt izohipszák számának gyakorisági eloszlása (%) és átlagos értéke (x_0)

	1	2	3	4	5	x_0
Jan.	63	19	8	6	4	1,69
Febr.	59	24	12	4	1	1,65
Márc.	59	26	9	4	2	1,64
Ápr.	57	31	10	2	0	1,58
Máj.	56	27	13	3	1	1,66
Jún.	64	25	8	3	0	1,50
Júl.	66	21	8	4	1	1,53
Aug.	64	24	8	3	1	1,53
Szept.	63	26	8	2	1	1,56
Okt.	70	21	8	1	0	1,42
Nov.	70	20	7	2	1	1,45
Dec.	29	23	11	3	1	1,56

III. TÁBLÁZAT

Az egyidejűleg fennálló örvények számának gyakorisági eloszlása (%) és havonkénti közép-értéke

	≤ 4	5-6	7-8	9-10	≥ 11	Átlag
Jan.	6	37	37	14	6	7,3
Febr.	4	23	43	25	5	7,6
Márc.	3	28	45	16	8	7,6
Ápr.	3	15	33	30	19	8,7
Máj.		3	40	39	18	9,0
Jún.		12	25	43	20	9,0
Júl.	1	24	47	18	10	7,7
Aug.	3	33	37	24	3	7,3
Szept.	9	30	42	12	7	7,3
Okt.	11	29	27	23	10	7,3
Nov.	13	37	25	13	12	7,0
Dec.	13	31	23	19	14	7,4

2.3. A ciklonok mélysége. A II. táblázatban az önálló örvényeket körülvevő zárt izohipszák számának gyakorisági eloszlása látható az egyes hónapokban. A ciklonok mélység szerinti eloszlása jól közelíthető a

$$P(x, x_0) = 1 - \exp(-x/x_0) \quad x \geq 0$$

exponenciális eloszlásfüggvénnyel, melynek várható értéke és szórása egyaránt x_0 -al egyenlő. A II. táblázat ezen x_0 értékeket is tartalmazza, az exponenciális eloszlás mediánja $0,693 x_0$.

A ciklonok 55-70%-át 500 mbar-on csak egy, 80-90%-át pedig legfeljebb két zárt izohipsza határolja. Az egyes izohipsza szinteken a havi átlagos mélységek eloszlása közel egyenletes, valamelyest növekvő értékekkel a két-féle ciklon elválasztó szintek közelében. A havi átlagmélység szélsőértéke februárban 4960 gpm-nél adódott: 2,3 zárt izohipszával. A kétféle ciklon átlag-mélységének eltérése nem számottevő.

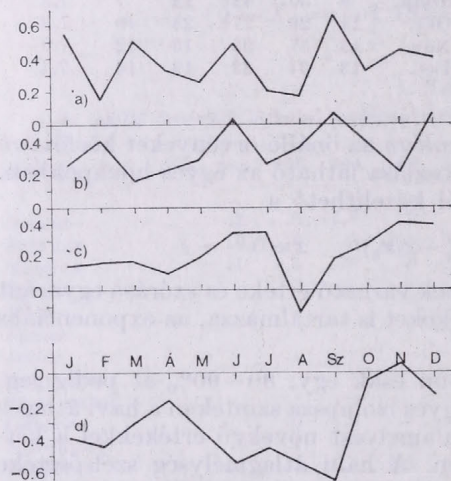
2.4. Az egy időben fennálló ciklonok száma. A következő kérdés az, hogy átlagosan hány ciklon található a cirkumpoláris örvényen belül és ez a szám milyen évi menetet mutat? A III. táblázat a ciklonok számának összevont százalékos gyakorisági eloszlását szemlélteti. (A több magvú ciklonokat egynek számoltuk.) A legutolsó oszlop a ciklonok számának havi közepes-értékét tartalmazza. Az eloszlás valamennyi hónapban egy maximumot mutat, az eloszlás aszimmetriája bizonyos hónapokban jelentős.

IV. TÁBLÁZAT

Néhány fontosabb mennyiség évszakos menete

	Tavaszi	Nyár	Ősz	Tél
A legmélyebb zárt izohipsza [gpdm]	501	527	503	482
A cirkumpoláris örvény mélysége [gpm]	864	608	830	1036
Az anticiklonok magassága [gpm]	84	85	86	153
A mérsékeltövi ciklonok mélysége [gpm]	122	118	120	129
A poláris ciklonok mélysége [gpm]	137	127	115	133
A ciklonok naponkénti száma	8,41	8,14	7,16	7,38
Az anticiklonok naponkénti száma	1,87	1,13	0,95	1,43
A melléciklonok aránya [%]	4,6	2,7	2,0	3,5

2.5. *Évszakos bontású eredmények.* A feldolgozott két évből a topológiai modell bizonyos jellemzőire csak évszakos bontásban nyerhetünk megbízható átlagértékeket. Ilyen jellemzők az anticiklonok magassága és a naponkénti száma, a mellékciklonok aránya, továbbá a poláris és mérsékelt övi ciklonokra szétválasztott örvények átlagos mélysége (a legkülső zárt izohipszánál 80 gpm-mel magasabb szinthez viszonyítva). E jellemzőket, valamint a 2. fejezetben havi bontásban bemutatott mennyiségek évszakos átlagértékeit a IV. táblázat tartalmazza. Az első négy mennyiség télen, illetve nyáron veszi fel a szélső értékeit, a meridionális hőmérsékleti gradiens menetével összhangban. Az utolsó négy jellemző tavaszi maximumot és őszi minimumot mutat, ami megegyezik a blocking anticiklonok gyakoriságának évszakos menetével (Rex, 1950).



3. ábra: A poláris (3. a) és mérsékelt övi (3. b) ciklonok, valamint ezek együttes számának (3. c) egynapos autokorrelációs együtthatói, továbbá az egyidejű poláris és mérsékelt övi ciklonok számának korrelációja (3. d) az egyes hónapokban

3. Korrelációs kapcsolatok

A havi és évszakos átlagértékeken túl kiszámítottuk az egyes napok örvényszerkezetének bizonyos jellemzői közötti korrelációs együtthatókat — havonkénti bontásban. Nem találtunk szignifikáns korrelációt a ciklonok száma és az anticiklonok száma között. Ugyancsak függetlennek mutatkozott a ciklonok száma a cirkumpoláris örvény átmérőjétől. Az előbbi negatív eredmény meglepő, mert mint a IV. táblázatból megállapítható, a ciklonok és anticiklonok számának évi menete közel párhuzamos futású. Az évi menet kiszűrése (havonkénti mintaképzés) után azonban a kapcsolat eltűnik. A ciklonok száma és a cirkumpoláris örvény mélysége közötti kapcsolat hiánya a planetáris és szinoptikus térszála viszonylagos elkülönültségét tükrözi.

Kiszámítottuk a poláris, illetve mérsékelt övi ciklonok számának egynapos megmaradását jellemző auto-korrelációs együtthatókat is (3. a, b ábra). A hónapok 3/4 részében a korreláció 5%-on szignifikáns, de az együtthatók abszolút értéke csak laza, illetve közepes erősségű kapcsolatot jelez. A kétféle ciklon együttes számának egynapos megmaradási hajlama még csekélyebb, amint az a 3. c ábrán látható. A hónapok felében a korrelációs együttható nem éri el az 5%-os szignifikancia szintet. A ciklonok száma tehát eléggé

változékony, csekély megmaradási hajlamú mennyiség, amelyre távprognosztikai elképzelések nem alapozhatók. Az év nagy részében azonban viszonylag jó diagnosztikai kapcsolatot találtunk a poláris és mérsékelt övi ciklonok egyidejű száma között (3. d ábra), ami összefügg az együttes ciklonszám megmaradásának romlásával a típusonkénti megmaradáshoz képest. Az átmeneti hónapok (március, április, október, november) kivételével a többi hónap ugyanis 1%-os szinten szignifikáns, negatív korrelációt mutat. Ez a laza kapcsolat úgy értelmezhető, hogy ha sok részre bomlott a középponti ciklon, akkor kevés a mérsékelt övi ciklon és megfordítva. A cirkumpoláris örvényben tehát nem képződhet tetszőleges számú ciklon.

4. Az eredmények lehetséges alkalmazásai

A 2. és 3. fejezetben ismertetett eredmények az általános légközrészről rendelkezésre álló ismereteinket teszik teljesebbé, de ugyanakkor gyakorlati felhasználásukra is sor kerülhet az alábbi feladatokban:

- Az általános cirkulációs modellek tesztelése.
- Hiányos hemiszférikus analízis- vagy előrejelzési térkép kiegészítése.
- Ciklonok izovonalainak pontosabb térképi ábrázolása rácsponthoz érkező geopotenciál-adatok alapján.

Az első feladatban a kérdéses modellben generált mezőkből kell a topológiai modellt leszámaztatni és a jellemző statisztikákat elkészíteni. A modell és a valóság összevetése után megállapítható lesz, hogy kielégítően reprodukálja-e a numerikus modell a baroklin instabilitás jelenségét. A második és a harmadik feladatban az örvényekkel kapcsolatos statisztikák ismerete egy legvalószínűbb kép megrajzolását teszi lehetővé.

IRODALOM

- Guterman, I. G., 1976: Szrednyaja cirkulacija atmosferü i gorizontalnüj mezssirotnij obmen. *Trudü VNIIGMI – MCD 29*, 3–37.
- Guterman, I. G., 1977: Szrednesirotnüje potoki tyepla i vlagi v atmosfere szevernovo polusarija. *Trudü VNIIGMI – MCD 21*, 3–27.
- Hanevszkaja, I. V., 1968: *Temperaturnüj rezsim szvobodnoj atmosferü nad szvernüm polusariem*. Gidrometeoizdat, Leningrad.
- Kanter, C. A., 1975: *Iszledovanyie nekotorüh szvojsztv bariceszkovo polja szvobodnoj atmosferü metodom ploscsadej i cirkumpoljarnovo modelirovanyija*. Izdateljsztvo Szaratovszkovo Univerzitetä, Szaratov.
- Kocsondi, A., 1976: *Modell módszer*. Akadémia Kiadó, Budapest.
- Pogoszjan, H. P., Pavlovszkaja, A. A., 1977: *Anomalii atmosfernoj cirkuljacii, prizemnovo davlenyija i temperaturü v szvjazi sz kvazidvuhletnyej ciklicsnosztiju*. Gidrometeoizdat, Leningrad.
- Rea, D. F., 1950: Blocking action in the middle troposphere and its effect upon regional climate. I–II. *Tellus 2*, 196–211, 275–301.
- Rényi, A., 1968: A fák matematikai elméletéről. „Napló az információelméletéről” c. kiadványban, (szerkesztő: Katona Gyula) Gondolat Kiadó, Budapest, 1976.
- Rouse-Ball, W. W., 1947: *Mathematical recreations and essays*. 11th ed., revised by H. S. M. Coxeter, Max Millan Co., London.
- Vitinszkij, Ju. I., Olj, A. I., Szazanov, B. I. 1976: *Szolnce i atmosfera Zemli*. Gidrometeoizdat, Leningrad.
- Zirkulationsmodelle, 1979: Zirkulationsmodelle. *PROMET Meteorologische Fortbildung 2/3 '79*

KRASTANOV, L. and MILOSHEV, G.: Theoretical bases of phase transitions of water in the atmosphere (*A légköri víz fázisátmeneteinek elméleti alapjai*). OMSz, Budapest, 1980. 189 old. 66 ábra, 6 táblázat, 108 irodalmi hivatkozás.

Az Országos Meteorológiai Szolgálat 1980-ban adta ki angol nyelven a nemrégiben elhunyt *Ljubomir Krasztanov* és *Georgii Milosev* monográfiáját.

A mű eredetileg bolgáruul jelent meg 1976-ban, Szófiában, a Bolgár Tudományos Akadémia kiadóvállalatának szerkesztésében. Ugyanekkor készült el az orosz fordítás is, ami az angol változat alapjául szolgált.

Joggal vetődhet fel a kérdés: Miért fogott bele szolgálatunk ilyen jelentős, nem éppen profiljába tartozó és sokak számára komoly többletmunkával járó vállalkozásba? Ennek magyarázatára elsőként hadd álljon itt néhány szó (nem szóserinti fordításban) *Czelnai Rudolf*nak (az OMSz jelenleg Genfben tevékenykedő volt elnökének) a könyvhöz írt előszavából: A nyelvi akadályok gyakrabban akadályozzák a tudományos iskolák közötti gyors információcserét, mint gondoljuk. Ennek felismeréséhez nem kell más tennünk, mint fellapozni véletlenszerűen kiválasztott szerzőktől közölt irodalomjegyzékeket. Ezek mutatják, hogy az angol, orosz és francia publikációk a tudományos művek tengerében szinte izolált csoportokat alkotnak. Ezért az e csoportok közötti szakadék áthidalása mindig speciális szerepet játszik és így meggyőződéssel állíthatom, hogy a jelen munka komolyan hozzájárul a bolgár iskola eredményeinek a felhőfizika nemzetközi épületébe történő beillesztéséhez.

A bolgár – magyar tudományos kapcsolatok e témakörben ma már közel két évtizedes múltra tekinthetnek vissza. Ezért a fenti megállapításhoz magunk részéről azt is hozzátehetjük, hogy a mű kiadása az eddigi kapcsolatok folytatásának és elmélyítésének jelentős állomása volt. Sőt, a jégeső elleni védekezés témakörében az együttműködés serkentéséhez is nagymértékben hozzájárult.

A jobb áttekintés érdekében hadd tegyünk néhány megjegyzést a munka történeti előzményeiről.

L. Krasztanov vezetésével a II. világháború után a Bolgár Tudományos Akadémia Geofizika-Intézetében alakult meg az a kutatócsoport, amely a szakmán belül hamarosan az említett „bolgár iskola” néven szerzett nemzetközi hírnevet. Ennek legjelentősebb képviselője ma a szerzőtárs, G. Miloshev. Neki köszönhető, hogy a könyv a téma eredeti, korábbi elméleteit továbbfejlesztve, a 70-es évek közepéig elért eredményekkel ötvözve mutatja be. Így a monográfia a szerzőpár életművének is tekinthető. Ez a mű messze túlmutat a légkörfizika határain. Mindazok számára fontos lehet, akik a kémiában, ill. fizikában a fázisátmenetek általános vagy speciális kérdéseivel foglalkoznak.

Sőt, haszna közvetlenül is jelentkezhethet az időjárás módosítás különböző területein: a csapadék mennyiségének mesterséges megnövelésében, a ködösztalásban és nem utolsósorban a jégeső elleni védekezésben. A vizsgálatok közvetlen célja ugyanis azoknak a folyamatoknak a feltárása, ill. jobb megértése volt, melyek a felhők és csapadékok keletkezésekor játszódnak le.

Ismeretes, hogy e folyamatok méret-, és időbeli skálái sok nagyságrendet fognak át. Emiatt az emberi beavatkozásnak – ami elsősorban a csapadékmennyiség, vagy csapadékforma megváltoztatására irányul – ugyancsak van ésszerű „fizikai – gazdasági” intervalluma. Más szavakkal: nyilvánvaló, hogy csupán mikro-, vagy mezoléptékű jelenségek módosítására gondolhatunk és ezekre is csak akkor, ha az eredmény gazdaságilag kifizetődőnek látszik. A nagyobb léptékű mozgások megváltoztatásának energiaigénye reménytelenül nagy.

L. Langmuir és V. Schaefer 1946-ban végzett kísérletei óta tudjuk, hogy egyes felhők mesterségesen „kiesőztethetők”. Ez a beavatkozás „mikrofizikai” eszközökkel történt: a folyékony halmazállapotú felhőcseppek egy részét szárazjég-darabkával kristályosították és ezzel a növekedési folyamatot megindították. Ugyanilyen eredményt érhetünk el az ún. jégképző-magvakkal is, amelyeket bizonyos vegyületek (pl. ezüst-jodid) elégetésével óriási számban tudunk létrehozni.

A fizikai magyarázat a talajfelszínen megjelenő csapadék-részecskék kialakulási mechanizmusában rejlik. A kondenzációval képződő felhőcseppek ui. a természetes jégképződést elősegítő magvak hiánya esetén a légkör magasabb rétegeiben erősen túlhűlhetnek. Ekkor a felhő ún. kolloidálisan *instabil* rendszert alkot, amelyben az alkotóelemek individuális növekedése csupán nem túlságosan hatékony mechanizmusok (pl. kondenzáció) révén következhet be. Megváltozik azonban a helyzet, ha a rendszerben – természetes, vagy „mesterségesen” létrehozott – jégkristályok jelennek meg. Ilyenkor a cseppek és kristályok felszíne környezetében uralkodó telítési gőznyomás-különbség hatására az utóbbiak gyors növekedésnek indulnak. A nagyobb kristályok gyorsabban esnek, mint a felhőcseppek: így ütközések következnek be, amelyek további növekedésre vezetnek. A végeredmény – a környezeti feltételek komplex rendszerétől függően – a különböző típusú csapadékrészecskék (eső, hó, jégeső) kihullása lesz.

Jelenlegi ismeretek szerint éppen ez a körülmény – a természetes jégképző magvak hiánya, vagy csekély koncentrációja – az oka a folyékony csapadék elmaradásának az egyik, a pusztító jégeső kialakulásának a másik esetben. Az időjárás-módosítási kísérletek legtöbbször éppen ezeken a magvaknak a mesterséges bevezetésével kívánjuk elérni az adott célt: a csapadék mennyiségének növekedését, ill. a jégeső elhárítását. A módszert a meteorológiában – a magvak kicsiny mérete és molekuláris szinten lejátszódó hatásmechanizmusa miatt – joggal nevezhetjük „mikrofizikainak”. A befektetett energia, ill. anyagmennyiség is rendkívül csekély a természetes folyamatok hasonló jellemzőihez képest; de az instabilitási energia felszabadtítása, így kihasználása révén esetenként igen hatékony lehet.

A csapadékelemek létrejöttének másik lehetősége – az ún. gravitációs koaguláció (egy-egy nagyobb részecskék ütközése növekedése) – elsősorban olyan felhőkben realizálódik, amelyekben a jégfázis *hiányzik* és a cseppek nagyság spektruma aránylag széles. Ilyenkor a nagyobb cseppek – amelyek véletlenszerű ütközések révén keletkeztek – megindíthatják a csapadékképződést. Hiányukat (vagy túlságosan csekély számukat) mesterségesen pótolhatjuk óriási sómagvak (higroszkópos részecskék) bevezetésével.

Az elmondottakból következik, hogy a csepp- és kristályképződés elemi eseményei, amelyek később nagymértékben befolyásolják a felhő mikrostruktúráját és rákövetkező fejlődését, döntő jelentőségűek nemcsak a természetes, hanem a mesterségesen előidézett (megváltoztatott) folyamatok megértése szempontjából is. Mindehhez viszont elengedhetetlen azon szilárd és oldódó (vagy részben oldódó) részecskék szerepének a vizsgálata, amelyek nélkül a légköri víz fázisváltásai – legalábbis a troposzférában – nem indulhatnak meg.

Ezen heterogén fázisátmenetek termodinamikai, kinetikai, kristallográfiai, ill. molekuláris jellemzése a monográfia fő célja és egyben legfőbb érdeme is.

Az előszó, bevezetésre és tíz fejezetre osztott, válogatott bibliográfiát felsoroló mű részletesen foglalkozik az alábbi témakörökkel: A homogén fázisképződés termodinamikája (8 oldal); A heterogén fázisképződés termodinamikája (18 oldal); A folyadék-cseppek heterogén képződésének kinetikája (15 oldal); Fázisátmenetek idegen anyagokon lejátszódó adszorpció során (21 oldal); Túlhűlt vízcseppek fagyása (28 oldal); Stranski-Kaisev molekuláris kinetikai elméletének alapelvei (18 oldal); A jégkristályok fizikája (14 oldal); Csíráképződés izomorf magvakon természetes körülmények között és adszorpció esetén (15 oldal); Nem teljesen nedvesíthető izomorf magvakon lejátszódó kristálycsíra-képződés kinetikája (12 oldal) és végül: Orientált kristályosodás vagy „epitaxia” (10 oldal).

A fenti témakörökben – elsősorban az adszorpció szerepének, az izomorf magvakon történő kristálycsírák képződésének a csíráképződési munka, valamint a csírák képződésének kinetikája kutatásának területén – elért számos új eredményük már eddig is nagy hatással volt a különböző típusú magvak kémiai természetének, koncentrációjának és eloszlásának tanulmányozási módszereire és technikájára. Az angol nyelvű kiadás ezt a hatást hivatott kiterjeszteni, nem utolsósorban azért, hogy az időjárás-módosításban alkalmazott magvasító anyagok világszerte folyó intenzív kutatása és újabb, az eddigieknél is hatékonyabb „reagensok” céltudatos kiválasztása meggyorsuljon. Mindez elsőrendű fontosságú a légkörfizika ezen nagy gyakorlati haszonnal kecsegtető területén.

A könyvet azoknak a meteorológus, fizikus és vegyész specialistáknak ajánlhatjuk, akik a fázisátmenetek különböző területein az időjárás-módosítás elvi-gyakorlati témaköreiben dolgoznak. Megjegyezzük azonban, hogy tanulmányozása jelentős matematikai-fizikai előismereteket igényel. Olvasását a képletekben található görög jelölések és a gyakran elég bonyolult ábrák is meglehetősen nehézé teszik. Ennek ellenére a mű egyedülállóan hasznos lehet, mint kutatási kézikönyv, vagy továbbképzési anyag.

A kiadásért köszönet illeti *Czelnai Rudolfot*, az MTA levelező tagját, a szerkesztő *Szepesiné Lőrincz Annát* és *Jakóts Juditot*, aki nagy figyelemmel és lelkiismeretesen végezte a nehéz gépelési munkát. A könyv kiadását *Wirth Endre* kezdeményezte és azt (a szerzők egyikkével, *G. Milóse*) ellenőrizte szakmai és nyelvi szempontból.

Wirth Endre

KAZAKIEVICS, D. I.: Osznovü teorijszlucajnüh lukcij i jijo primenyenie v-gidrometeorologii (A sztochasztikus folyamatok elméletének alapjai és hidrometeorológiai alkalmazásai). Hidrometeoizdat, Leningrád, 1977. 320 B₃ oldal. Ára: 2,30 Rbl. Második, átdolgozott kiadás.

A szerző e könyvét hidrometeorológus szakemberek, egyetemi hallgatók és az alkalmazások iránt érdeklődő kutatók számára készítette. Úgy gondolom, hogy ezen kívül még hasznos lehet matematikusok és fizikusok számára is, mert a sztochasztikus folyamatok és véletlen mezők elméletének rendszerezett, igényes és didaktikus tárgyalását találhatjuk ebben a kiadásban, gazdag alkalmazási példával is szemléltetve.

Az első két fejezet összefoglaló jellegű. Nagy igényességgel tárgyalja a valószínűségszámítás a matematikai statisztika és a véletlen objektumok (folyamatok és mezők) elméletét. Ennek megértése szükséges a továbbiakhoz, a könyv azonban csak azok számára nyújt megfelelő segítséget, akik az első két fejezetben foglaltakat legalább elemi szinten már ismerik.

A III. fejezet a meteorológiában gyakran alkalmazott homogén-izotróp mezők elméletének alapjaival foglalkozik. Az alapok, a jelölésrendszer és a fontosabb tulajdonságok megismertetése után a meteorológiai irodalom alapján a geopotenciálmező, a légköri hőmérsékletek mezei, és a szélmézők statisztikus strukturáját, mindenekelőtt azok szerkezeti függvényeinek becsléseit elemzi.

A IV. fejezetben a sztochasztikus folyamatok és véletlen mezők, minták alapján történő becslési módszereit találjuk.

Az V. fejezet a folyamatok és mezők spektrál elméletével foglalkozik. Az idősorok spektrál-elméletét a II. világháború alatt, katonai célokra fejlesztették ki. Kiemelkedő érdemeket szerzett a matematikai elmélet kidolgozásában A. N. Kolmogorov és N. Wiener. Kezdetben főleg a műszaki, különösen elektronikai alkalmazásokban értek el vele sikereket, majd más területeken, így a meteorológiában is alkalmazásra került. Ám az óriási adatbázisra épülő meteorológiai alkalmazások nagy számítástechnikai felkészültséget igényeltek, így az 50-es években végzett vizsgálatok például Magyarországon is befejezetlenül maradtak. Jelenleg, a fejlett elektronikus számítógépek mellett mind több ilyenirányú sikerről hallhatunk a különböző tudományos fórumokon.

Várható, hogy az 50-es évek magyarországi kezdeményezései magasabb fokon folytatódhatnak, a vizsgálatok nagy adatbázison, több dimenzióban megismétlődnek. Az ilyenirányú munkához nyújt nagy segítséget ez a fejezet. Olvasása nem könnyű, azonban az anyag mélységéhez és nehézségéhez képest világos az összeállítás. Az elméleti anyagot számos meteorológiai példa teszi szemléletessé, és egy részletes vizsgálat a tengeri hullámok spektrális tulajdonságaira vonatkozóan. Ehhez az anyagrészhöz kapcsolódik a következő két fejezet, amelyek a folyamat szűrését (simítását, zajból való kiválasztását és interpolálását) tárgyalja. Ehhez a fejezethez is találunk példát, a zonális cirkulációs index és a folyók árhullámának spektrális elemzését.

Az utolsó, VIII. fejezet fő mondanivalója a természetes ortogonális sorfejtés tárgyalása. Csak a diszkrét esetet tárgyalja, azt azonban nagyon világosan és egyszerűen.

A könyv nem egyszerű olvasmány. Előképzettséget és munkabírást igényel. Azonban az e területtel foglalkozók számára az egyetlen igényes mű, mely hidrometeorológiai célzattal bír. Azok számára akik alaposan végigdolgozzák a könyvet nagyon nagy elméleti és meteorológiai ismeretanyagot nyújt.

Gulyás Ottó

ACTA UNIVERSITATIS SZEGEDIENSIS, Pars Climatologica Scientiarum Naturalium, Tomus XVI—XVII., Fasc. 1—4. (A Szegedi József Attila Tudományegyetem Közleményei, Éghajlati Tanulmányok, XVI—XVII. kötet, 1—4 füzet, szerkeszti Péczely György, Szeged, 1980. 95 B/5 oldal.)

A kötet több szerző, összesen hat tanulmányát tartalmazza. A tanulmányok az európai és magyarországi légnyomás és hőmérséklet adatok matematikai statisztikai paramétereit vizsgálva, Magyarország éghajlatát befolyásoló periodicitásokat mutatnak ki, új éghajlati jellemzőket ismertetnek.

“Temporal Variability of Monthly Mean Pressure Values on the Earth” — A légnyomás havi középértékeinek változékonysága a Földön. (Péczely György) A tanulmány 96 állomás 28 évi (1951—1978) légnyomási adataira alapján elemzi a légnyomás havi közepének szórását. A térképek alapján megállapítja, hogy a nyomásmező időbeli változása legnagyobb télen a szubpoláris alacsonynyomású területeken, míg a legkisebb az egyenlítői konvergenciazóna területén. A tanulmány a szórások havi értékeinek táblázatos összeállítását is tartalmazza.

“A Method of Analysing Macrosynoptic Types Using Analogy Indices” — A makroszinoptikus típusok analízise analógia index segítségével. (Szlachányiné Bartholy Judit—Gulyás Ottó)

A tanulmány azt elemzi, hogy a szinoptikus módszerekkel makroszinoptikus típusba sorolt nyomásmezők milyen kapcsolatban állnak a különböző típusúhoz tartozó átlagos nyomásmezőkkel. Ismerteti azt a matematikai modellt, amelynek segítségével a makroszinoptikus típusokat objektív módon osztályozza és 465 eset alapján megállapítja, hogy numerikus módszerrel végzett típusazonosítás pontosabb mint a szinoptikus módszerrel történt meghatározás.

“Large Scale Weather Situations in Hungary and the Periodical Components of their Time Array” – Magyarország makroszinoptikus helyzetei idősorának periodikus összetevői. (Makra László) A tanulmány a Magyarország éghajlatát meghatározó légköri folyamatok időbeli menében kimutatható ritmikus változásokat, valamint ezeknek a mérsékelt égöv áramlási rendszerével való kapcsolatát vizsgálja. A periódogramok alapján egy 5 éves, valamint egy 13–14 éves periódust talált hatékonynak. Ez utóbbi igen jellegzetes és Magyarország közepes évi csapadék-összegeit is befolyásolja.

“Data Concerning the Sphere of Agrometeorological Information Obtainable from the Examination of the Statistical Structure of Local Temperature Extremities” – Adatok a napi hőmérsékleti szélsőségek hazai statisztikai szerkezetének vizsgálatából nyerhető agrometeorológiai információ kérdéséhez. (Károssy Csaba). A tanulmány a napi maximum és minimum hőmérsékletek statisztikai paramétereinek vizsgálatai alapján új klimatológiai jellemzőket ismertető táblázatok és ábrák formájában. Ezek igen könnyen és hasznosan alkalmazhatók az agro- és bioklimatológiai kutatásokban, valamint a korszerű mezőgazdasági gyakorlatban.

“The Territorial Structure of Certain Statistical Characteristics of the European Temperature Field” – Az európai hőmérsékleti mező egyes statisztikai jellemzőinek területi rendszere. (Pelle László). A tanulmány 39 európai állomás 80 évi (1881–1960) hőmérsékleti adatsora alapján készült térképeit felhasználva vizsgálja a hőmérsékleti mező szórásának és ferdeségének területi rendszerét és évi menetét. Kimutatja, hogy a szórás délnyugatról északkelet felé növekszik, a ferdeséget illetően pedig nyáron enyhe pozitív, télen enyhe negatív aszimmetria mutatkozik.

“Winter and Summer Temperature Periodicities in Budapest” – A tél és nyár hőmérsékleti periodicitásai Budapesten. (Péczely György – Makra László). E rövid tanulmány Budapest 200 éves hőmérsékleti adatsorának rejtett periódusait elemzi és más megközelítéssel megerősíti annak a nyári 14 éves periódusnak a létezését, amely Magyarország nyári félévi csapadékában kimutatható, és amely szoros kapcsolatban áll az anticiklonális helyzetek gyakoriságának hasonló periódusával.

Lépp Ildikó

METEOROLÓGIAI VÁNDORGYŰLÉS KECSKEMÉTEN

A Magyar és a Szlovák Meteorológiai Társaság együttesen rendezett 7. (XXI.) vándorgyűlését ezúttal az MMT rendezte meg, 1981. augusztus 22–26 között. Témája: A szélsőséges időjárási hatások elleni védekezés, különös tekintettel a fagyok okozta mezőgazdasági károokra. A megnyitó ülésen *Szász Gábor* tszv. egyetemi tanár, az MMT elnöke, *F. Šamaj* a pozsonyi Hidrometeorológiai Intézet igazgatója mondott rövid beszédet, majd *Matos László* Bács-Kiskun megye tanácsának elnökhelyettese bevezető előadásában ismertette a megye mezőgazdasági termőterületének főbb adatait. A megyében 400 ezer hektáron szántóföldi gazdálkodás folyik, több mint 20 ezer hektáron zöldség- és gyümölcs-termesztek. A szőlő- és zöldség- és gyümölcs-termesztés szempontjából ebben a megyében, ahol a termőtalaj több mint 50%-a homok, igen fontos a fagyelőrejelzés, a fagy elleni védekezés kérdése, ezért kifejezte örömét afelett, hogy a vándorgyűlés alkalmat ad a meteorológusok és mezőgazdasági szakemberek közötti, közvetlen elméleti és gyakorlati tapasztal-cserére. Ezt követően tizenegy előadás hangzott el még ezen a napon, az alábbiak szerint:

Szilágyi Tibor: „A fagyok előfordulása és gyakorisága ősztől tavaszig Kecskeméten”. 80 évből (1901–1980) a minimum és radiációs minimum hőmérsékleti adatok klimatográfiai feldolgozása és értékelése útján a koraőszi – a téli – és a későtavaszi fagyok természetére vonatkozóan igen értékes jellemzőket állított elő és mutatott be az előadó.

Dunajsky, E. – Stastny, P. – Cernák, C.: „A mezőgazdaságra veszélyes időjárási események a Kelet-szlovákiai-síkság területén”. Az előadás négy megfigyelőhely 20 évi (1960–1979) meteorológiai megfigyelési és termésmennyiségi adatából összefüggésvizsgálat és a hektáronkénti jó és rossz termés mutató évek időjárásának összehasonlítása alapján számított klimatikus koefficiensről, s ennek mint jellemzőnek az értékeléséről szolt.

Forgác, P. – Ilko, J. – Krška, K.: „A napi extrém léghőmérséklet adatainak előrejelzése”.

A napi hőmérséklet felhőzet és a talajközeli szélsőbesség közötti mennyiségi kapcsolat alapján, a szélső hőmérsékletek előrejelzésére kidolgozott új módszer bemutatása volt az előadás célja.

Fekete László: „A fagy előrejelzésének jelenlegi lehetőségei hazánkban”. Bemutatott az előadó a helyi fagyelőrejelzésre külföldön alkalmazott módszereket, majd a Kecskemétre érvényessé módosított módszerekkel számítva a különféle módszerek pontosságát értékelte.

Nedelka, M.: „A meteorológia feladatai a mezőgazdasági repülés kiszolgálásában”.

A pozsonyi Hidrometeorológiai Intézet a mezőgazdasági repülés kiszolgálására új osztály létesítését tervezi. Az ezt megalapozó meg gondolások ismertette az előadó.

Dunkel Zoltán – Fűr József – Justyák János – Kozma Ferenc: „A fagykárak meteorológiai háttere szőlőültetvényeinkben”. A szőlőtermesztésre használt területek fagyklimatológiai feltérképezése, valamint terepen végzett mérések értékelése útján a termőhelyi kutatások egyik igen fontos feladatához szolgáltatott az előadás adatokat, nevezetesen az orográfiai alsó határ országos és lokális kijelöléséhez.

Šteberka, P. – Vančová, A. – Valuš, G. – Zeman, V.: „Agroklimatológiai tényezők a szőlő peronoszpóra elleni védelmében”. Az előadó bemutatta a peronoszpóra előfordulása és a kumulált csapadék közötti szoros összefüggés alapján kidolgozott diagnosztikai grafikont, amely gyakorlatilag használható segédesszköznek bizonyult a védekezés irányításában.

Varga Haszonits Zoltán – Dunay Sándor: „Az éghajlati potenciál és a fagy”. Az előadásban elméleti számítási módszert mutattak be a fagy által okozott termés kiesés kiszámítására. A számítás eredményét térképezték, meghatározva a fagykár előfordulásának gyakoriságát és várható nagyságát.

Kurpelová, M.: „Szlovákia agroklimatológiai potenciálja”. Az előadó Szlovákia területére hat fokozattal jellemezve területeket elhatárolt körzeteket mutatott be. Az elhatárolás a hőmérséklet és nedvesség egymáshoz való aránya alapján történt. Előzetesen a főbb

mezőgazdasági növények termesztésének és termésmennyiségének agroklimatológiai feltételeit elemezte természetes nedvességviszonyok és magasban felelt agrótechnika alkalmazása esetén.

Podhorsky, D.: „Operatív meteorológiai szolgálat a nyári mezőgazdasági munkák idejére.” Bemutatta az előadó azt az automatikus rendszert, amelyet az aratási munkák idején pl. a kombájnok átirányítására vagy egyéb jelzésre hoztak létre, beleértve a 6–12 óra szülő időjárás előrejelzést is.

Galló Vilmos – Tiringér Csaba: „Az inverziómérések eredményeiről szarvasi adatok alapján.” Ismertette az előadó a meteorológiai tornyon, nyolc szinten, 1979–1981 folyamán óránként mért adatokból meghatározott 0 fokos szint magasságváltozását fagyveszélyes helyzetekben, valamint a negatív hőmérsékletek tartamgyakorlását és kiválasztott napokon az izotermák alakulását.

Vargáné Simon Irén: „A fagyvédelem gépesítésének lehetőségei hazánkban.” Ismertette az előadó a hazai körülmények között eredményesen és gazdaságosan alkalmazható fagyvédelmi technológia kidolgozása érdekében folytatott kísérletek eredményeit. Az olajkályhával, a műanyagtömlős hőlégfúvóval, a fagyvédelmi szélgépekkel és a helikopteres légekeveréssel elérhető védőhatás nagyságát, térbeli kiterjedését és a védekezés költségigényét egyenként elemezve arra a következtetésre jutott, hogy a szélgépes, légekeverés eljárás bizonyult a legjobbnak, s aránylag a legolcsóbbnak. Ez az előadás már a Hosszúhegy Állami Gazdaság Nemesnádudvari Kertészetében hangzott el, ahol *Krasznai Aladár* főmérnök a szélgépet, működés közben, a terepen is bemutatta, s működési elvét, hatékonyságát ismertette. Ugyanitt *Szabó Lajos* a kertészet gyümölcsáztatásának vezetője ismertette a gazdaság adatait, s az ott folyó fagyvédelmi tevékenységet.

Az előadások teljes szövege orosz nyelven, magyar és szlovák összefoglalásokkal a MMT kiadásában, 1982 első negyedében jelenik meg.

A vándorgyűlés résztvevői együttesen látogatták meg a Kecskeméti Agrometeorológiai Kutató Intézetet és a Zöldségtermesztési Kutatóintézetet. Ez utóbbiban *Hódossy Sándor* főigazgató színes diápekpekkel kísért előadásában bemutatta az általuk nemesített különféle zöldségnövényeket, ismertette tulajdonságaikat, majd *Kozma Ferencné* a Közp. Légkörfizikai Intézet igazgatóhelyettese adott ismertetőt a Hő- és Vízháztartáskutató Osztály munkájáról.

Végül a vándorgyűlés résztvevőinek igazi élményt nyújtott a Kiskunsági Nemzeti Park egyik legváltozatosabb tája, Bugac-pusztá, ahová a tanulmányi kirándulásra lovaskocsival juttatták el őket. Megesodálhatták itt a szinte egyedülálló természeti kincs, az ősborkás féltett szépségét, a pásztormúzeumot, a

lovasbemutatót, s búcsúzóul tájjellegű kitűnő vacsorát fogyaszthattak a Bugaci Csárdában.

Köszönet illeti az MMT vezetőit, a rendezőket, *Szilágyi Tibort* a Kecskeméti Agrometeorológiai Observatórium vezetőjét és munkatársait a gondos előkészítő és szervező munkáért, a változatos szakmai és egyéb élményt nyújtó programok gondos kiválasztásáért.

Lőrincz A.

*

BERÉNYI DÉNES-EMLEKÜLÉS DEBRECENBEN

A Magyar Meteorológiai Társaság és annak Debreceni Csoportja valamint a KLTE Meteorológiai Tanszéke 1981. május 21-én a tanszéken néhai *Berényi Dénes* professzor születésének 80. évfordulója alkalmából jubileumi emlékülést rendezett.

Az emlékülésen több mint 70 fő vett részt, köztük néhai *Berényi Dénes* professzor fia, ifjú *Berényi Dénes* akadémikus és családja, *Barát József* az OMSZ elnöke, az OMSZ intézeteinek igazgatói, a szaktudomány számos kiemelkedő képviselői, az MTA és egyéb intézmények küldöttei, az ünnepektől kortársai, tanítványai, tisztelői. A Kossuth Lajos Tudományegyetemet és annak Természettudományi Karát *Daróczy Zoltán* tszsv. egyetemi tanár, dékán képviselte.

A megnyitó beszédet *Szász Gábor* egyetemi tanár tartotta, méltatva *Berényi Dénes* iskola-teremtő tudományos munkásságának jelentőségét, egyéniségének ember- és közösségformáló szerepét, majd bejelentette a „*Berényi Dénes-Emlékűj*” alapítását.

Ezt követően az ülés napirendje szerint *Justyák János* tszsv. egyetemi tanár méltatta *Berényi Dénes* professzor életútját, munkásságát. Előadásában kiemelte, hogy *Berényi Dénes* professzor a magyar meteorológia – közelebről az agrometeorológia – történetének egyik kiemelkedő alakja, az egyetem Meteorológiai Observatóriumának és Tanszékének megalapítója, több mint négy évtizeden át lankadatlan irányítója, lelkes munkatársa, a magyar meteorológiai tudomány nemzetközileg is elismert kiváló tudósa, kutatója, az egyetemnek oktatója volt. Kiemelkedő pedagógiai munkássága keretében értékes utódokat, a meteorológiát kedvelő tanárok egész sorát nevelte ki. Részletesen ismertette *Berényi Dénes* professzor munkásságát, amely kezdettől fogva a meteorológia és a mezőgazdaság kapcsolatát egyre elmélyültebben, korszerű módszerekkel vizsgálta, a fő súlyt az agrometeorológia és a mikroklíma gyakorlati alkalmazására helyezve. Életművét áttekintve és értékelve *Berényi Dénes* professzorról elmondható, valóban méltó arra, hogy születésé-

nek 80. évfordulóján tisztelettel emlékezzék meg róla a mai magyar meteorológus nemzedék.

Az előadáshoz csatlakozva *Daróczy Zoltán* tszv. egyetemi tanár, a TTK dékánja, *Béll Béla* akadémikus, *Mészáros Ernő* a KLFKI igazgatója, *Kádár László* ny. egyetemi tanár, végül *Bocz Ernő* egyetemi tanár méltatta *Berényi Dénes* munkásságának jelentőségét, kiemelve, hogy a meteorológiai tudomány szerteágazó területeit egyaránt alkotó módon művelte és fejlesztette, továbbá magasszintű társadalmi és pedagógiai tevékenységét, nemkülönben a magyar mezőgazdaság fejlesztése érdekében végzett kutatásait.

A megemlékezések után tudományos előadások hangzottak el. Elsőként ifj. *Berényi Dénes* akadémikus, az ATOMKI igazgatója tartott előadást a *légtér tisztaságára vonatkozólag az ATOMKI-ben* végzett vizsgálatokról, ill. eredményeiről.

A légtér radioaktív és nem-radioaktív szennyezettségének problematikáját teljes széleskörűen áttekintő előadást követően *Szász Gábor* a Magyar Meteorológiai Társaság elnöke tartotta meg előadását *az időjárás és a természet közötti kapcsolat modellezésének alapjairól*, végül befejező előadásként *Justyák János* adott tájékoztatót a *Kossuth Lajos Tudományegyetem meteorológiai tanszékén folyó mezo- és mikroklíma-kutatás főbb célkitűzéseiről s eredményeiről*.

(Az emlékülés résztvevőinek körén túl, szélesebb körben is érdeklődésre számot tartó, mindhárom előadást teljes terjedelemben, folyóiratunk jelen számában mutatjuk be olvasóinknak. A szerk.)

Az előadásokat követő délután az ülés résztvevői koszorúkat helyeztek el néhai *Berényi Dénes* síremlékén. A Magyar Meteorológiai Társaság koszorúját elhelyezve *Szász Gábor* professzor emlékezett meg röviden egykori elődje, *Berényi Dénes* életútjának azon eseményeiről, amelyek példaképpül szolgálnak az utódok számára.

Justyák J. – Szász G.

BALATON-KONFERENCIA VESZPRÉMBEN

A Magyar Tudományos Akadémia és az IIASA (International Institute for Applied System Analysis, Laxenburg) szervezésében 1981. augusztus 24 – 27 között került megrendezésre Veszprémben a Balaton-kutató és modellező problémakör harmadik nemzetközi ülése, 9 ország közel 70 kutatójának részvételével. Magyar részről az OVH; a SZTAKI, a BKI, a VITUKI, a VÁTI és az OMSZ képviselői voltak jelen. Az OMSZ-ból *F. Iványi Zsuzsanna*, *Horváth László* és *Mersich Iván* vett részt az ülésen.

Három szekcióban 45 előadás hangzott el. Az első szekcióban a Balaton és általában a tavak ökológiai rendszerének modell-kísérletei kerültek bemutatásra. A második szekcióban olyan előadások hangzottak el, amelyek a tavakban lezajló folyamatok szubmodelljeit ismertették. A harmadik szekció előadásai a vízminőséget jellemző adatok, a magasabb szintű döntéseket elősegítő modellek és közelitések témakörébe tartoztak. Ebben a szekcióban hangzott el *F. Iványi Zsuzsanna* és *Mersich Iván* közös munkája a „Légszennyező anyagok diszperziójának numerikus modellezése a Balaton felett” címmel.

Az előadások elhangzása után szekció-ülésekre került sor, amelyeken a résztvevők megvitatták az előadások kapcsán felmerült problémákat, ajánlásokat és javaslatokat dolgoztak ki a jövőbeli kutatási irányokra és a lehetséges együttműködésekre vonatkozóan.

A szakmai programot a negyedik napon érdekes kirándulás követte, amelynek keretében a résztvevők a balatoni hajótúrán közelről is szemügyre vehették a vizet és környezetét, valamint magáról a víz minőségéről személyesen is tapasztalatokat szerezhettek.

r Köszönet illeti a vendéglátókat az ülés sike es meg szervezéséért.

F. Iványi Zsuzsanna

SZERZŐINK FIGYELMÉBE

NOTES TO THE AUTHORS

Az IDŐJÁRÁS célja az elméleti és alkalmazott meteorológia tárgykörébe tartozó tanulmányok publikálása. A tanulmányok új kutatási eredményeket tartalmazó beszámolóik, illetve adott szakterület időszerű kérdéseit összefoglaló kritikai szemecikkek 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:

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

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

Szövegrész: Alcímekkel értelem szerűen fejezetekre tagolandó.

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

Ábrák: A kézirat első példányához az ábrákat pausz- vagy mm-papíron, a másodikhoz az eredeti ábrák másolatát kell csatolni. Az ábrák alátírásait 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 frott 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 referees.

The manuscript should meet the following formal requirements:

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

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

References: The text citation should contain the name(s) of the author(s) underlined and the year of publication. In case of one author: *Róna* (1909), or if 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: N on Latin letters and hand-written marks should be explained by making marginal notes in pencil.

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

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT FOLYÓIRATA

A szerkesztésért felel: dr. Szepesiné Lőrincz Anna

Szerkesztőség: 1024 Budapest, Kitaibel Pál utca 1.

Levél cím: 1525. Budapest, Pf. 38. Tel.: 353-500

Kiadja a Lapkiadó Vállalat, Budapest VII., Lenin körút 9—11. Telefon: 221-285. Levél cím: 1906 Budapest, Pf. 223.

Felelős kiadó: Siklósi Norbert igazgató



81 .2134 Athenaeum Nyomda, Budapest — Íves magasnyomás
Felelős vezető: Soproni Béla vezérigazgató

INDEX: 26 361

HU ISSN 0324—6329