

IDŐJÁRÁS

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT FOLYÓIRATA

87. ÉVF. ★ 4. SZÁM ★ 1983. JÚLIUS—AUGUSZTUS

TARTALOM

Szepesi Dezső: Szabályozás-orientált transzmissziós modellek nemzetközi értékelése (angolul)	181
Ramana Rao, B. V.—Rama Krishna, Y. S.—Rao, G. G. S. N.: Agroklimatológiai módszer optimális vetésszerkezet kialakítására (angolul)	189
Makulski, A.—Stasiak, A.: Egyszerű berendezés a légköri határreteg szondázására (angolul)	193
Ács, F.—Mihailovič, T. D.: A talajhőmérséklet változásának számítása (angolul)	200
Mika János—Bonz József: A sokévi átlagok optimális felhasználása a havi középhőmérséklet becslésére	206
Makra László: Egyidejű havonkénti hőmérséklet- és csapadékanomáliák kategóriái és néhány statisztikai jellemzőjük Magyarországon	214
Vértesy Mária: A hőmérséklet és a relatív nedvesség együttes gyakorisági értékeinek közelítéséről	221
Rákóczi Ferenc: A széladatok felhasználása az időjárási helyzet analizésének rendszerében	230
Irodalom	237
Krónika	241

CONTENTS

Szepesi, D.: Assessment of air quality simulation models—an international study (in English)	181
Ramana Rao, B. V.—Rama Krishna, Y. S.—Rao, G. G. S. N.: An agroclimatological approach for optimum cropping patterns (in English)	189
Makulski, A.—Stasiak, A.: A simple system for atmospheric boundary layer sounding (in English)	193
Ács, F.—Mihailovič, T. D.: Calculation of soil thermal changes (in English)	200
Mika, J.—Bonz, J.: Application of climatological means for estimation of the monthly mean temperature	206
Makra, L.: Categories of multaneous monthly temperature and precipitation anomalies and some of their statistical characteristics in Hungary	214
Vértesy, M.: Approximation of two-dimensional relative frequency of air temperature and relative humidity	221
Rákóczi, F.: The use of wind data in the system of weather pattern analysis	230
Literature	237
Chronicle	241

JOURNAL OF THE HUNGARIAN METEOROLOGICAL SERVICE

VOL. 87. ★ NO. 4. ★ JULY—AUGUST 1983 ★ BUDAPEST

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata
Journal of the Hungarian Meteorological Service

SZERKESZTŐ BIZOTTSÁG – EDITORIAL BOARD

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

Elnök – Chairman of the Editorial Board:

MÉSZÁROS E. (Budapest)

Szerkesztő – Editor:

LŐRINCZ ANNA (Budapest)

Szerkesztőség: Budapest, Postafiók 38. 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. 87. évf. 4. szám. 1983. július–augusztus
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 87. No 4. July–Aug. 1983. Budapest

Assessment of air quality simulation models — an international study

SZEPESI, D. *Meteorological Service, H-1525 Budapest, P.O.B. 38.*

Szabályozás-orientált transzmissziós modellek nemzetközi értékelése. A Meteorológiai Világszervezet 1981-ben a levegőtisztaság kialakulásának szimulálásával foglalkozó több száz modellezőnek kérdőívet küldött. A kérdőív a rövid távú — 300 km-nél kisebb skálájú — folyamatok transzmissziós, emissziós és immisziós vonatkozásainak modellezésére és input paramétereire vonatkozóan tett fel kérdéseket. Eddig 23 országból 100 válasz érkezett. Ezek feldolgozása folyamatban van. Jelen dolgozat keretében az értékelés előzetes eredményei kerülnek bemutatásra. A felmérés célja: *a)* a jelenleg alkalmazott szabályozás orientált transzmissziós modellek összegyűjtése és katalogizálása, *b)* a modell-továbbfejlesztés reális lehetőségeinek tisztázása figyelembevéve a transzmissziós adatbázis tökéletesítésében rejlő lehetőségeket, *c)* a modellek alkalmazhatóságának és érzékenységének tisztázása, *d)* alapinformáció a WMO Alkalmazott Klimatológiai Referencia Rendszere számára.

✱

Assessment of air quality simulation models-an international study. A questionnaire on air quality models was prepared and distributed by the WMO to some one hundred modelers and users in 1981. This evaluation is concerned with the simulation of short range air pollution processes. Information was requested by the questionnaire on details of modeling and input parameters of transmission, emission and air quality. So far about one hundred replies have been received from 23 countries. Evaluation of them is underway, and in this progress report preliminary results are presented. A brief description of the questionnaire along with a review of other recent publications are also included. The goal of this study is: *(a)* to explore and document methods and models currently applied for regulatory use in different countries, *(b)* to show the most promising possibilities in model improvements, duly taking into account the real possibilities of the transmission data base, *(c)* to condense from all these studies some generally applicable knowledge regarding model applicability, improvements to be expected if the basic model parameters or algorithms are changed, sensitivity of model results to errors in the input data, etc., *(d)* to serve as a basis of the WMO for making recommendations to National Meteorological Services on the ways and means of improving their services aimed at meeting the requirements of national air quality management, in particular the improvement of the transmission data base.

✱

The questionnaire study

In the last 20 years many hundred air quality simulation models of differing complexity have been developed. Many of them were comprehensively reviewed by *A. Bass* 1979, *R. L. Drake* 1979, *D. G. Fox* 1981, *D. Jost* 1976, *R. C. Koch* 1973, *J. Padro* 1979, *D. M. Rote* 1976, *A. C. Stern* 1976, *S. D. Thayer* 1971, *D. B. Turner* 1979, and others. Some of the relevant findings of these works can be summarized as follows:

(a) Controversy or confusion continues to exist in the literature despite many so-called "model validation" exercises conducted with data of field measurements. This has resulted not only from a lack of a systematic approach

to the model validation process but also because of gross inadequacies in the data bases used.

(b) Model developers, because of funding limitations or other circumstances, are generally unable to amass adequate data bases designed specifically to properly test their models, not to mention, to address the specific needs of the users. They must use whatever data bases happen to be available to them.

(c) The resolution of model output is heavily dependent on the quality and choice of meteorological, emission and air quality input data.

(d) Recent developments in modeling techniques are mostly concentrated on the application of advanced mathematics. For the validation and application of complex models more detailed meteorological input data are required with higher resolution for both spatial and temporal distributions.

(e) A transmission data base (i. e. properly measured and evaluated simultaneous meteorological data on transport, dispersion, mixing ceilings, deposition and transformation) in most of the countries is lacking. In some countries where a simple transmission data base has been established, the situation has not improved in the last 10 years, compared to the recent advancements in modeling techniques.

(f) The most reliable transmission data base can be established by analysing relevant historical data of meteorological observations and measurements. In the optimal case on the national level, it is prepared in advance for the whole country and accomplished by the National Meteorological Service.

(g) The preparation of such a transmission data base is hampered by the following effects:

- models of different complexity require transmission data bases of widely differing sophistication,
- in applying an air quality model, the transmission data base is only one of the factors beside the emission inventory and air quality fields, and depends heavily on the nature of the practical problem to be investigated,
- level of expertise, computer facilities and availability of funds are also factors of great importance.

To obtain optimum results, the quality of emission, transmission, air and precipitation chemistry data bases, the level of techniques and the expected resolution of the output - to satisfy the particular problem of air quality management - have to be well balanced.

(h) Sensitivity analyses show the dominant effect of meteorological parameters on the output of air quality models, mostly where smaller concentrations are involved. Causal dependencies between emission and air and precipitation chemistry data can be found only when the transmission data base at a higher level of sophistication is considered.

The study applies strict limitations on the selection of models to be investigated, on the basis of scale and applicability features. Only models applied frequently for operational purposes on local, urban or regional scales (up to 300 km), and having manuals, guidelines or guides in the public domain are dealt with.

The questionnaire on air quality simulation models was prepared by the WMO-CCAM rapporteur on air pollution and distributed by the WMO via the Permanent Representatives of the member countries to some one hundred modelers and users in 1981.

The following information was requested: Concise description of the model, technique used, data requirements, transmission input necessary for implementation, transport, dispersion, mixing height, pollutant decay, pollutant transformation, emission input necessary for implementation, air and precipitation chemistry data, manpower and computer requirements, results of validity and sensitivity analysis and applications.

So far 100 answers have been received from 23 countries. A list of answering countries and types of models reported are shown by *Table I*.

List of regulatory and operational models reported are separately presented by *Table II*.

TABLE I

Reported air quality simulation models (Box, Gaussian, Numerical, Climatological, Short-term, Urban, Pointsource, Multi-source, Trajectory, Country-wide, Berlyand formula, UNAMAP Series)

Countries	Air Quality Simulation Models		
	Regulatory	Operative	Research
Argentina	—	—	1N
Australia	—	1GC, 1BC	1N
Austria	3GC (P, M, U)	—	—
Bulgaria	—	1GC, 1Be	1N
Czechoslovakia	1GC (P, M)	—	1G (P, M)
Finland	—	2 GC (P, U)	1N
France	—	4G, NC (P, M)	2G
Fed. Rep. Germany	1GC (P)	—	2N
Greece	—	4Se	2N
Hungary	3GC (P, M, U)	2GC (P, Co)	2N
Italy	—	1BC	2N
Japan	—	—	2GN
Netherlands	2GC (P, Co)	—	1N
New Zealand	—	2GC (P, M)	—
Norway	—	2GC (P, M)	1N
Peru	—	1GC	—
Portugal	—	2GC	—
Rumania	—	3GC (P, M, U)	—
Sweden	—	3GB (P, U)	2GN
Switzerland	—	3GC (P, M, U)	—
United Kingdom	—	2GCS	2N
U.S.A.	9GCS (P, M, U)	17GN	6N
U.S.S.R.	3BeC (P, M, U)	—	—

Air quality simulation models have been both a necessary and controversial tool for making regulatory decisions affecting costs of emission controls and location of new sources.

According to Fox (1981), at best, air quality models are an abstraction of reality, based on a limited understanding of the complex physical and chemical processes involved in the transmission of pollutants. Uncertainties and/or inaccuracies in emission inventories and uncertainties in the quality or representativeness of meteorological data are also major contributors to the overall inaccuracy of a model prediction or estimate.

The air quality simulation modeling procedures can be categorized into four classes: Gaussian, numerical, statistical empirical and physical. Within some of these classes a large number of individual computational algorithms

exist, each with its own specific applications. In many cases the only real difference between models is the degree of detail considered in the input or output data.

According to Mei-Kao Liu et al. (1981) mostly the kinematic models have been extensively applied. Recently, the first-order-closure models have received increased use. The second-order-closure models, are viewed at present time as a research tool.

TABLE II

List of regulatory and operational air quality simulation models reported (Models not having specific denominations are listed by the name of the reporting country and number of methods used)

ACS, ADPIC, APRAC-1A, APRAC-2, AQDM, AQSTM, ATDL, ATM, AUSTRIA-3M,
AUSTRALIA-2M,
BMP, BULGARIA-2M,
CDM, CDMQC, CEM, CRSTER, CZECHOSLOVAKIA-2M,
DIFKIN,
ERT,
FINLAND-2M, FORTAK, FRANCE-4M,
GEM,
HIWAY, HUNGARY-5M,
IFDM, IMPACT, INTERA, ISC, ITALY-1M,
KILDER, KNMI,
LIRAQ-1-2, LLL, LPADM,
MATHW, MESODIF, MESOGRID, MESOPLUME, MESOPUFF, MPSDM, MPTER.
MESDM, MULTIMAX,
NEWZEALAND-2M, NORWAY-2M,
PAL, PDM, POLLUX, PORTUGAL-2M, PTDIS, PTMAX, PTMTP,
RAM, RAMR, RARK, REM, ROMANIA-3M, RPM,
SAI, SAS, SCAM, SCIM, SWEDEN-3M, SWITZERLAND-2M, STRAM,
TCM, TDMB, TEM, TEKNETRON, TNO, TÜV,
UR-2M, USSR-3M,
VALLEY,
WRD, WSL.

All of the kinematic models are in the public domain, and almost all of the model codes are available and are generally listed in the users' manuals.

None of the first-order-closure models has been formally approved or recommended by any regulatory agency. Some regulatory agencies have either sponsored or applied certain models under limited circumstances; however, such efforts generally cannot be construed to represent official sanctions.

Desirable model characteristics

According to the AMS (1981) Report on Dispersion Modeling for Regulatory Applications, if the models are to be generally useful for simulation of regional scale transmission under different meteorological regimes, they should respond to mesoscale spatial and temporal variations in wind field, mixing depth, and ambient turbulence levels. The input meteorology fields necessary to drive the models must be easily generated from readily available data if the models are to be useful to a wider user community. The transmission models must have moderate execution time and computer storage requirements if they are to be practical for multiple-source, multiple-day simulation exercises. And the model design should also allow for easy adaptation to future research

needs and regulatory applications-thus the program should be highly modular, having components that are easily modified or readily substituted.

Other important features (AMS 1981) that contribute to the usefulness of models for regulatory and other practical applications include: a) the ease with which model input data requirements, parameters, and algorithms can be changed to facilitate use for different applications; b) the ease with which the model can be used to simulate short term and long term average ambient ground-level concentrations; c) the availability of preprocessing and post-processing systems to prepare input and to analyze and display model results; and d) the freedom to change the model geographic extent and spatial resolution and to modify a meteorological preprocessing system.

Consistency

Only one of many uses of air quality modeling is for regulatory applications (AMS 1981). Regulatory applications require model predictions to be as correct as possible. On the other hand, the regulatory process is simplified if there is consistency between models in use. Consistency leads the regulatory agency to be inflexible with regard to recommending new techniques.

For regulatory application, a model must be consistent and correct. Consistency and inflexibility carried to extreme imply the use of one simple model for all applications for all time. On the other hand, correct modeling requires continuous alterations and changes as new findings are made and improved methods are formulated. In selecting a modeling approach for regulatory applications one must somehow draw a balance between these two extremes. It is important that the best new approaches are able to replace less correct techniques, but it is just as important, that equally valid models not provide estimates so widely divergent that decisions on a specific emission limitations cannot be made effectively.

Consistency in this sense would be in terms of data requirements (amount of data and representativeness), types of dispersion model calculations required (worst-case situation), output requirements (second highest values, annual averages), and statistical tests employed.

AQSM applications

For easy orientation in air quality simulation matters, in the final report of this international study regulatory and operative models will be classified based on their applicability. Rote (1976) has already summarized some AQSM applications as follows:

1. Historical air quality trend analysis (delineation of changes caused by variations in weather, fuel or energy cost and availability, emission control, etc.)

2. Characterization of existing air quality in multi-source areas

- 2.1 Determination of spatial and temporal air quality patterns.
- 2.2 Hot spot identification.
- 2.3 Worst case identifications.
- 2.4 Source culpability determination by range of source and effect of background, source class and stack height, etc.
- 2.5 Separation of anthropogenic and natural causes.
- 2.6 Selection of clean air sites for hospitals, schools, etc.

3. Air quality impact analysis
 - 3.1 Existing sources.
 - 3.2 Plans involving changes in existing emission patterns.
 - 3.3 Policies affecting emission patterns
4. Integration of air quality impact analysis and the planning process
5. Long-term air quality control
 - 5.1 Air quality standards.
 - 5.2 Control strategy analysis.
 - 5.3 Maintenance planning.
6. Short term air quality control
 - 6.1 Temporary control of selected source types.
 - 6.2 Episode warning and control systems.
 - 6.3 Emergency or accidental spill alert systems
7. Stack height calculations
 - 7.1 Formulation of guidelines for calculations.
 - 7.2 Influence of building and terrain effects
8. Monitoring network design
9. Planning new measurement or field program

Quality of input parameters

If we had at our disposal a perfect transmission model, the accuracy of the model output would then depend solely upon the accuracy and completeness of the input information. The quality requirements of AQSM were summarized by the EPA Guideline on AIR Quality Models (1978) as follows.

The data base required for air quality models includes source data, meteorological data and air quality data. Appropriate data should be available before any attempt is made to apply a model. A model which requires detailed, precise input data should not be applied when such data are unavailable. However, assuming the data are adequate, the greater the detail with which a model considers the spatial and temporal variations in emission and meteorological conditions, the greater the ability to evaluate the source impact and to distinguish the effects of various control strategies. In the absence of a model capable of simulating complex terrain effects, only a preliminary approximation may be feasible until such time that better models and data bases become available.

Before implementation of a data base the modeling community must first agree on the type and quantity of data needed. The data bank must satisfy the general needs of the modeling community as a whole (Fox 1981).

The data obtained by the National Meteorological Services are geared almost exclusively to aviation and general forecast requirements. Air quality is now also a major national objective, and the observational network should be altered to reflect this fact (AMS 1981).

The most important reasons for involving the national system are simplicity and cost. The data are needed over the entire country and the National Meteorological Services have the network, data-processing, archiving and retrieval facilities required to manage the information. Any other solution would probably be far more difficult to implement and the results less useful and consistent.

Major new sources should be required to obtain more suitable on-site data, presumably processed to fit directly into the national archives.

One of the main goals of this study is to clarify the requirements of the data bases which depend on the scale and character of pollution processes and the types of the sources. For point sources, e.g.: Hoffnagle et al. (1981) divided meteorological variables into 3 priority classes essential, desirable and helpful.

1. *Essential measurements* :

- a) mean horizontal wind speed (\bar{u}) and mean wind direction ($\bar{\theta}$) at 10 m,
- b) mean horizontal wind speed and mean wind direction at source height,
- c) harmonic wind speed $(1/u)^{-1}$ between source height and effective plume height,
- d) standard deviations of horizontal and vertical wind fluctuation (σ_θ , σ_φ) at 10 m
- e) temperature difference (ΔT) between 2 and 10 m in unobstructed surface layers,
- f) temperature (T) at 2 m,
- g) heights of the convectively mixed layer (h_c) and the mechanically mixed layer (h_m),
- h) average surface roughness length (z_o),
- i) friction velocity (u_*),
- j) bulk Richardson number (Ri_B),
- k) Monin-Obukhov length scale (L),
- l) turbulent heat flux (H_F),
- m) convective velocity scale (w_*),
- n) water vapour content (e_w) between source height and effective plume height

2. *Desirable measurements* :

- a) standard deviation of the reciprocal of the wind speed at source height $\sigma(1/u)$,
- b) mean wind direction at plume height ($\bar{\theta}$),
- c) standard deviation of horizontal and vertical wind fluctuations at source height (σ_θ , σ_φ),
- d) temperature gradient from source height to effective plume height (ΔT),
- e) total solar radiation (SR).

3. *Helpful measurements*. This include the mean vertical velocity (\bar{w}), the Froude number (Fr), the geostrophic wind (U_g) and the state of the ground over which the plume travels.

Conclusions

A preliminary evaluation of an international questionnaire on Air Quality Simulation Modeling is presented, together with summarized results of previous workshops, reviews and reports dealing with the same topic.

The interest of many countries in this international study has been shown by the great number of replies, this gives encouragement for the completion of this exercise.

The final report would consist of two main parts. The first part will be a register of the numerous regulatory and operational Air Quality Simulation

Models listed in Table 2, each presented by a four-page concise form. Developers of these models will be approached to check or fill this final form.

The second part of the final report will consist of assessments on: classes of models, input requirements of different types of models, accuracy, range of input data, sensitivity of model results to errors in input data, consistency and limitations of models.

REFERENCES

- AMS 1981: Air Quality Modeling and the Clean Air Act: Recommendation to EPA on Dispersion Modeling for Regulatory Applications, Boston Mass.
- Bass, A. and Benkley, C. W. 1979: Development of Mesoscale Air Quality Simulation Models. Vol. 1. Comparative Sensitivity Studies of Puff, Plume, and Grid Models. EPA 600/7-79, U.S.A.
- Drake, R. L. and McNaughton, D. J. 1979: Mathematical Models for Atmospheric Pollutants. EPRI, EA-1131. App. D. U.S.A.
- Fox, D. G. and Fairbent, J. E. 1981: NCAQ Panel Examines Uses and Limitations of A.Q.M. Bull. of the A.M.S. Vol. 62. No. 2. 218-221.
- Hoffnagle, G. F. and Smith, M. E. 1981: On-Site Meteorological Instrumentation Requirements to Characterize Diffusion from Point Source - A Workshop, 15-17 January 1980 Raleigh, N. G. Bull. of the A.M.S.
- Jost, D. and Gutsche, 1976: International Trends in Standardization of Air Pollution Modeling and its Application. Proc. of the 4th Int. Clean Air Congress Tokyo, Japan.
- Koch, R. C. 1973: Evaluation of the Multiple Source Gaussian Plume Diffusion Model-Phase I. EPA-650/H-75-018a, U.S.A.
- Mei-Kao Liu, Moore, G. E. and Holman, H. Y. 1981: A Survey of Plume Models for Atmospheric Applications. Systems Applications, Inc. USA, SAI No. 81254 (PMV-001).
- EPA 1978: OAQPS Guideline Series, Guideline on Air Quality Models. EPA-450/2/78/027
- Padro, J. 1979: Review of Dispersion Models and Possible Applications in the AQSERP Study Area. A.E.S. Toronto, Ontario.
- Rote, D. M. 1976: Current Uses and Requirements for AQM. Argonne N. L.
- Stern, A. C. 1976: Air Pollution. Vol. 1. Academic Press. N. Y.
- Thayer, S. D. and Koch, R. C. 1971: Validation and Sensitivity Analysis of the Gaussian Plume Multiple-Source Urban Diffusion Model. EF-60, GEOMET, INC. Gaithersburg, M. D.
- Turner, D. B. 1979: Atmospheric Dispersion Modeling, A Critical Review. JAPCA Vol. 29, No. 5. 502-519.
- WMO 1981: Inquiry on Air Quality Models. R/CLO. Circular Letter to Permanent Representatives of Members of WMO (PR-3321).
-

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 87. évf. 4. szám. 1983. július – augusztus
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 87. No 4. July – Aug. 1983. Budapest

An agroclimatological approach for optimum cropping patterns

RAMANA RAO, B. V., RAMA KRISHNA, Y. S. and RAO, G. G. S. N.,
Central Arid Zone Research Institute, Jodhpur, India

Agroklimatológiai módszer optimális vetésszerkezet kialakítására. A szerző az optimális vetésszerkezet meghatározására olyan módszert javasol, amely a tenyészidőszak átlagos hosszúsága és az évi csapadékeloszlás közötti összefüggésen alapul. Módszerével az India száraz övezetében levő Jodhpur körzetére kimutatta, hogy az optimális és biztonságos hozamok elérése érdekében a teljes mezőgazdasági terület kb. 33%-át fűfélének vagy erdei legelőnek kellene borítania. Jelenleg ez a terület mindössze 10%. Eljárást mutat be a szerző különböző növények termesztési területének kijelölésére is.

✱

An agroclimatological approach for optimum cropping patterns. A new method is suggested for working out the optimum cropping patterns on the basis of the mean length of the growing season as related to the distribution of annual rainfall. On application of the method for the Jodhpur region in the Indian arid zone, it was brought out that, for optimized and sustained production, about 33% of the total agricultural land should be covered by grasses or silvipastoral systems compared to only 10% area under grasses at present. The method of choosing areas for the different crops is described.

✱

Introduction. In spite of low rainfall and high evaporative demand limiting crop production, farmers are continuing to grow crops like pearl millet (*Pennisetum typhoides*), greengram (*Vigna radiata*) and other short duration pulses in the Indian arid zone, apart from a small area under grasses. The existing cropping patterns are traditional and subsistence oriented, leading to indiscriminate use of agricultural lands and low economic returns (Mann and Singh, 1977). In order to put the economy of the arid region on a sound footing, it is necessary to optimize the cropping patterns dovetailed with the variation in agroclimatological conditions. Therefore, an attempt has been made in the present paper to illustrate an agroclimatological approach for optimizing the cropping pattern under arid situations, choosing the Jodhpur region as a case study.

Jodhpur (26°18' N, 73°01' E) is located in the arid region of Rajasthan in north-west India. According to Krishnan et al. (1977), as per the prevailing cropping pattern in Jodhpur district 54% of the net sown area is under pearl millet, 17% under pulses of short vegetation period and only about 10% of the area is under pastures and grassland.

Material and methods

The daily rainfall data for the years 1901 to 1980 recorded at Jodhpur are considered in the present study. The potential evapotranspiration values have

been computed using *Penman's* (1948) method. Weekly water balance computations have been made using *Thornthwaite* and *Mather's* (1955) book-keeping procedure with the help of tables prepared by *Krishnan* and *Sastri* (1978). The ratio of actual evapotranspiration to potential evapotranspiration (AE/PE) indicates the rate at which water is available compared to the demand for water; thus AE/PE values have been calculated weekwise for all the years.

TABLE I
Normal monthly rainfall and potential
evapotranspiration at Jodhpur

Month	Normal rainfall (in mm)	Normal potential evapotranspiration (in mm)
January	4.4	83.7
February	4.9	101.3
March	4.6	156.3
April	2.5	192.3
May	9.3	264.7
June	29.1	260.3
July	111.3	184.0
August	128.6	145.2
September	57.4	156.1
October	7.3	134.3
November	2.2	87.7
December	1.6	76.5
Total	361.2	1843.0

Krishnan et al. (1980) considered that the growing season under rainfed conditions in the Jodhpur region will commence by the week for which the actual evapotranspiration, estimated by taking into account both the rainfall and stored soil moisture, exceeds half the value of the potential evapotranspiration, i. e. from the week during which AE is greater than, or equal to, PE/2. The length of the growing season has been computed yearwise in weeks from the week of commencement to the week beyond which AE/PE is less than 0.25. It is assumed that the crop can withstand moisture stress (AE/PE less than 0.25) for a maximum of three consecutive weeks within the growing season.

The normal annual rainfall at Jodhpur is 361.2 mm and therefore the individual years were grouped according to the annual rainfall ranging from 0–90 mm, 91–180 mm, 181–270 mm, 271–360 mm and so on. The mean length of the growing season has been worked out for the above different ranges of rainfall. The probabilities of occurrence of different amounts of annual rainfall have also been computed.

Results and discussion

The normal monthly values of rainfall and potential evapotranspiration at Jodhpur are given in *Table I*. The peak rainy season occurs during the

months of July and August, and throughout the year under normal conditions the rainfall does not meet the water demand.

The probability of occurrence of different amounts of rainfall and the mean length of the growing season as related to the annual rainfall at Jodhpur are shown in *Fig. 1*. Greengram, the major pulse crop of the region, is of 60 to 70 days duration, and the crop will be completing the flowering and reproduc-

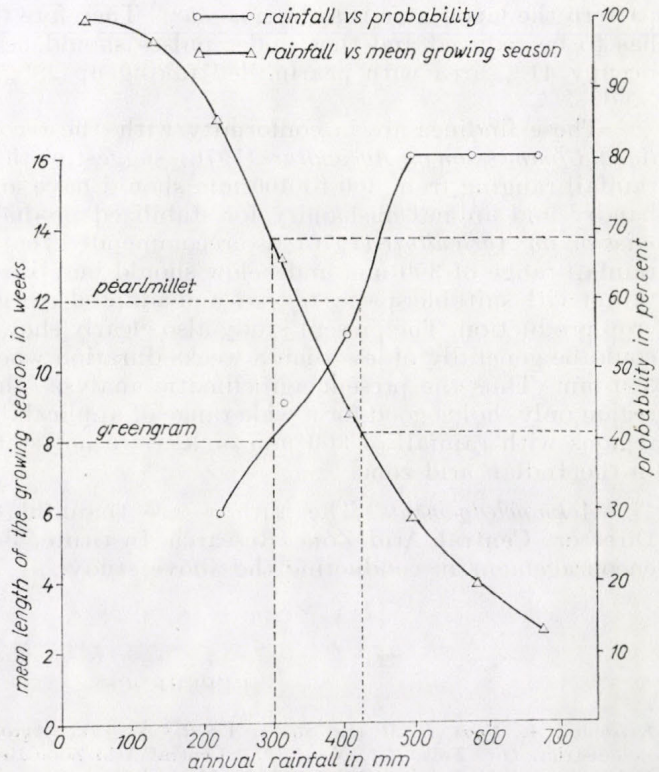


Fig. 1. Amplitude of soil temperature change

tive stage by 8 weeks after sowing. From *Fig. 1*, it can be seen that the mean length of the growing season of 8 weeks occurs when the annual rainfall is about 300 mm. The probability of occurrence of 300 mm rainfall is about 69%. Among the cereal crops, pearlmillet of 90 days duration is extensively grown. As the crop completes the flowering, reproductive and physiological maturity stages by 12 weeks after sowing; the mean length of the growing season of 12 weeks occurs when the annual rainfall is about 425 mm. The probability of occurrence of 425 mm is about 41%.

When deciding the cropping patterns under these circumstances, it must be considered that the available growing season will be less than 8 weeks duration in 31% of all occasions. Therefore, it is appropriate that 31% of the agricultural land should be under pastures or silvipastoral systems. Thus the risk involved in crop production can be compensated through animal husbandry. In the remaining 69% of the occasions a growing season of more than 8 weeks

can be expected and the chances of a growing season exceeding 12 weeks in 41%. Therefore, in the remaining agricultural land, the pulses and pearl millet should be taken in 69:41 ratio.

From the above agroclimatological analysis it can be concluded that in order to minimize the risk in crop production and for a stabilized economy, 31% of the agricultural land should be under grasses, contrary to only 10% of the area under grasses in the existing cropping pattern. Though the area under pulses should be more than under pearl millet, in the existing cropping pattern the latter area is as high as 55%. Therefore the area under pearl millet has to be reduced and that under pulses should be increased; pulses should occupy 41% area with pearl millet taking up 28% of the total agricultural land.

These findings are in conformity with the recommendations of the *National Commission on Agriculture* (1976), suggesting that the regions with annual rainfall ranging from 300 to 400 mm should have an integration of crop husbandry and animal husbandry for stabilized production. The *National Commission on Agriculture* (1976) also recommended that the regions falling in the rainfall range of 300 mm and below should be utilized for large-scale afforestation with suitable species of trees and adapted species of grasses, discouraging crop production. The present study also clearly shows that the growing season could be generally of less than 8 weeks duration when the rainfall is less than 300 mm. Thus the present agroclimatic analysis, though carried out for one region only, holds good for a wide range of applicability and indicates that the regions with rainfall of 300 mm or less are not suitable for crop production in the Indian arid zone.

Acknowledgements. The authors are thankful to *Shri S. P. Malhotra*, Director, Central Arid Zone Research Institute, Jodhpur, for his valuable encouragement in conducting the above study.

REFERENCES

- Krishnan, A., Vyas, B. M. and Sastri, A.S.R.A.S.*, 1977: Agroclimatology report of Jodhpur district. *Div. Tech. Rep. No. 1/1977*. Central Arid Zone Research Institute, Jodhpur.
- Krishnan, A. and Sastri, A.S.R.A.S.* 1978: Methodology for computation of Penman's potential evapotranspiration and water balance by Thornthwaite's technique. *Div. Tech. Rep. No. 1/1978*. Central Arid Zone Research Institute, Jodhpur.
- Krishnan, A., Rama Krishna, Y. S. and Sastri, A.S.R.A.S.*, 1980: Systems analysis approach for crop planning in Jodhpur district. *Indian J. Agri. Sci.* 50, 412-421.
- Mann, H. S. and Singh, R. P.*, 1977: *Crop production in the Indian arid zone in desertification and its control* (Ed.: *Jaiswal P. L.*). Indian Council of Agricultural Research, New Delhi. pp. 215-224.
- National Commission on Agriculture*, 1976: *Rainfall and cropping patterns for Rajasthan*. Vol. 13. Ministry of Agriculture and Irrigation, Government of India, New Delhi.
- Penman, H. L.*, 1948: Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Proceedings, Royal Society Series A*, 193, 120-145.
- Thornthwaite, C. W. and Mather, J. R.*, 1955: The water balance. *Publications in Climatology*, Drexel Institute of Technology, New Jersey, 8, 1-104.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 87. évf. 4. szám. 1983. július–augusztus
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 87. No 4. July–Aug. 1983. Budapest

A simple system for atmospheric boundary layer sounding

MAKULSKI, A. *Institute of Geophysics, University of Warsaw and*
STASIAK, A. *Institute of Meteorology and Water Management, Warsaw, Poland*

Egyszerű berendezés a légköri határréteg szondázására. A tanulmány olyan mérőberendezést mutat be, amely alkalmas a levegő hőmérsékletének és nedvességének meghatározására az alsó kb. 3 km-es rétegben. A műszert szabad ballonokra szerelhető mini rádiószonda alkotja. A rádiószonda 403 MHz-es tranzisztoros adóból és a kereskedelemben kapható HiFi vevő nagyfrekvenciás részéből áll. A vevő átalakítója 403/70 MHz-es. A műszer tartalmaz még egy digitális frekvencia mérőt, valamint az adatok rögzítésére szolgáló kazettás magnetofont. Az adatok 8 bites lyukszalagokon szintén regisztrálhatók (akár közvetlenül a vevőtől, akár a szalagról) további számítógépes feldolgozásra. Más típusú kijelzők (digitális nyomtató, analóg regisztráló) szintén a berendezéshez illeszthetők.

✕

A simple system for atmospheric boundary layer sounding. A sounding system which permits measurements of the fine structure of air temperature and humidity in the layer up to about 3 km is described. The system consists of a free-balloon borne miniradiosonde based on a one transistor transmitter 403 MHz, and of a receiving set which includes the VHF part of a commercial HiFi receiver with additional 403/70 MHz converter. The device also contains a digital LED frequency indicator and a commercial cassette tape recorder for data registration. The data can also be registered on an 8 bit perforated paper tape, (either directly from the receiver or from the tape recorder) for further processing by means of a computer. Another outputs (digital printer, analogue registration) can be attached as well.

✕

Introduction. In recent years a number of sounding systems for lower troposphere based on the so called minisondes have been developed by various research groups (see for instance *Franzen and Prucha, 1975; Haman et al., 1980; Hart et al., 1978*) or introduced on the market by instrumentation industry, providing much more complete and precise data on the atmospheric boundary layer than the traditional radiosondes do. Older types of radiosondes are too inaccurate for many purposes in boundary layer studies; newer constructions like Väisälä RS 80, though not less accurate from most of the minisondes, are usually more expensive, less mobile and unnecessarily sophisticated for the purpose of low level soundings. Light weight, low cost and simplicity of operations make the minisonde systems a particularly valuable tool in industrial meteorology, air pollution control and boundary layer exploration, where they can replace tethered balloons in case of too strong wind or other inconvenient situations.

In the present paper one of such simple systems developed in the Institute of Geophysics of Warsaw University under the contract with the Polish Meteorological Service – Institute of Meteorology and Water Management – is described.

1. General design of the system

The sounding system consists of dispensable minisondes, receiver and recording unit (*Fig. 1.*) with the following technical data:

a) minisonde:

carrier frequency	401 – 406 MHz
temperature range (dry and wet bulb)	– 30 – + 40°C
accuracy	+ 0.2 K
total weight	less than 150 g
dimensions	less than 60 × 100 × 150 mm

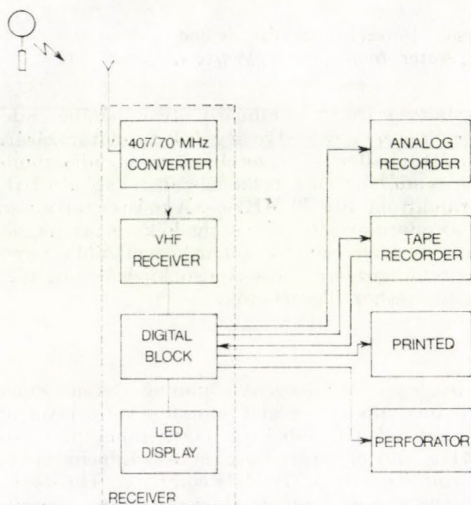


Fig. 1. A block-diagram of the sounding system

b) receiver:

frequency range	395 – 415 MHz
sensitivity	2 μ V/10 dB
total mass	less than 15 kg

c) recording units:

- cassette tape recorder of any type – for recording under field and stationary conditions;
- two channel analogue recorder – for use under field and stationary conditions;
- tape perforator and/or printer – only for stationary conditions.

The system is intended to provide measurement of air temperature and humidity up to at least 3 km (altitude) and 10 km (distance).

In order to simplify the construction and suppress the costs, the sonde has no pressure sensor. The altitude should be thus determined separately by radar, two-theodolite pilotage or simply from the duration of ascent.

2. The minisonde

The minisonde consists of the following main parts (*Fig. 2.*); 2 thermistor sensors, electronic switch which alternatively connects the thermistors into the circuit of acoustic generator, acoustic generator, radiotransmitter, antenna,

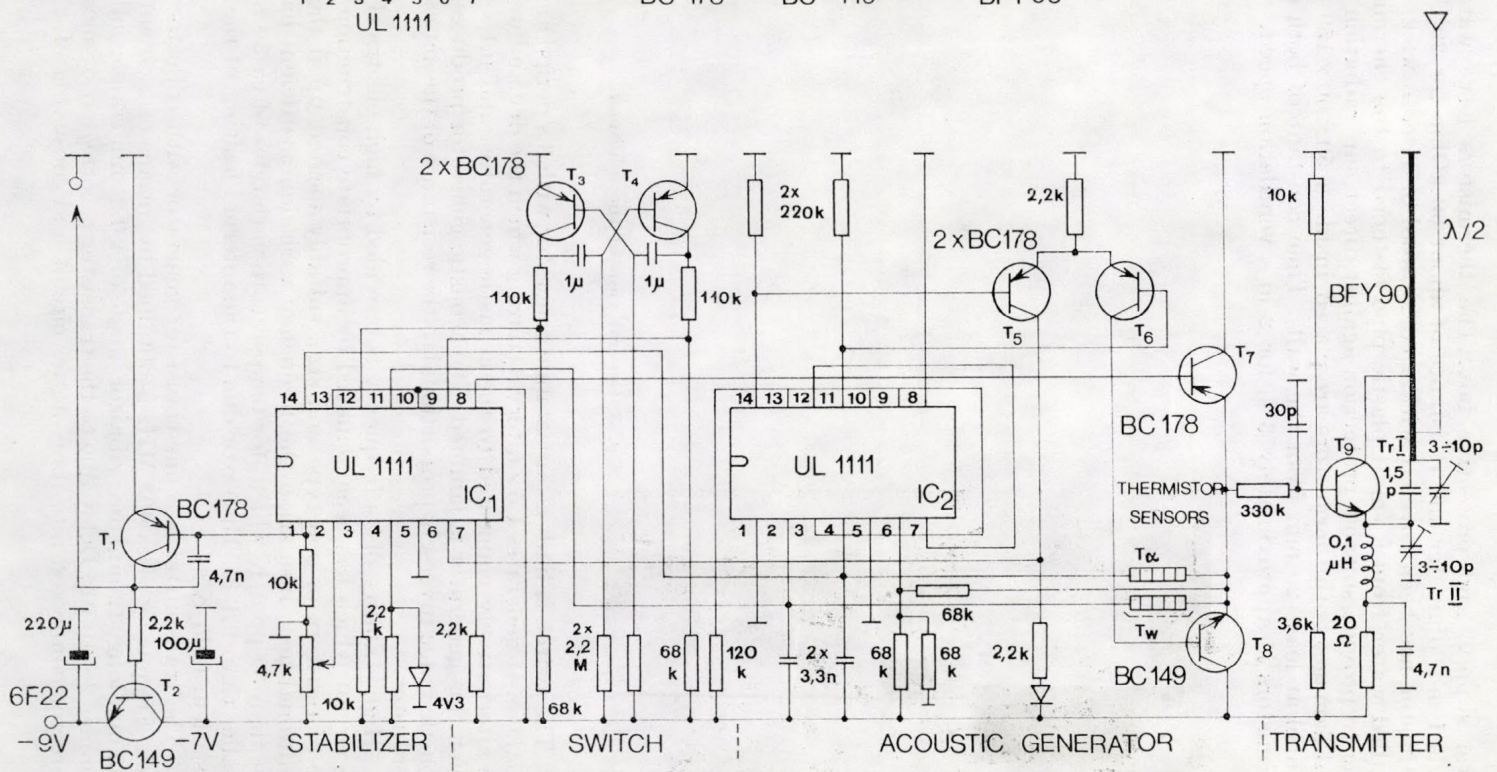
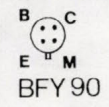
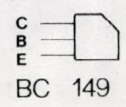
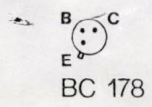
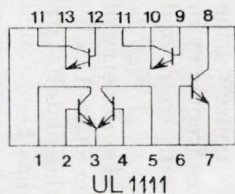


Fig. 2. The circuit diagram of the minisonde

power supply, and protective box. The thermistors have water protected beads 1 mm diameter and resistance of about 60 kOhm for 20°C. One of the thermistor has been covered with a cottonwool or viscose wick, wetted with distilled water from a small plastic pipe fastened to the thermistors leg. In order to provide suitable protection against direct sun radiation and mechanical damage, both thermistors are placed inside a 50×60×150 mm vertical channel at least 20 mm from the walls. Time constant of both dry and wet thermistors is approximately 3 s, for 2 m/s ventilation speed.

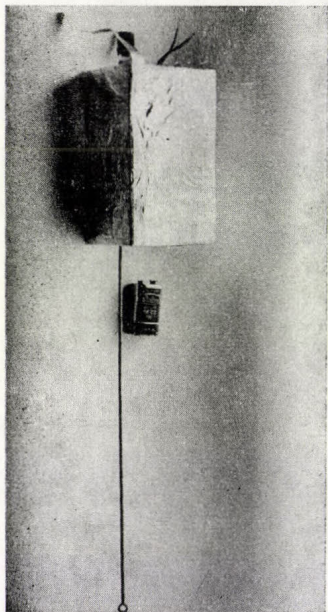


Fig. 3. General view of the minisonde

The switch is built as an astable generator with 3 s period and duty factor equal 0,5. It generates 1,5 s intervals during which the dry and wet thermistors are alternatively connected to the acoustic generator, and 0,1 s pause during which this generator is jammed. The acoustic generator produces frequency in acoustic range inversely proportional to the resistance of the actually connected thermistor.

High stability of its frequency is provided by high electrical symmetry of the circuit which has been achieved by appropriate construction as well as by use of resistors of one type and size, suitably located upon the plate. With additional heat insulation the frequency variation coefficient has been found less than 50 ppm/K which, for temperature variations of ca 30 K, gives errors smaller than 0.1 K. The error due to the internal heating of the thermistor is less than 0.05 K.

The transmitter is a one-transistor generator with collector-emitter feedback. Frequency of ca 403 MHz is obtained by means of a circuit consisting of a 45 mm long, 12 mm dia, vibrator, made of a 0.2 mm copper foil and a tuning trimmer 2 – 10 pF. Delay due to the transistor is corrected by means of a phase corrector connected into its emitter circuit and consisting of a choking coil

and 2–10 pF trimmer. The trimmer in the vibrator circuit is used for tuning the 403 MHz frequency, while with the trimmer from the corrector, the work of transistor can be optimized in order to obtain maximal amplitude of generator oscillations. Due to suitable choice of resistance and capacitance in the transistor base circuit, the generator works close to the Class C. The transmitter consumes only 20–25 mA and it is very stable thermally ($\pm 0,3$ MHz for temperature change from -30 to $+40$ °C). A 305 mm long half-wave antenna is made of a 3 mm diameter copper pipe, and it forms a stiff construction with

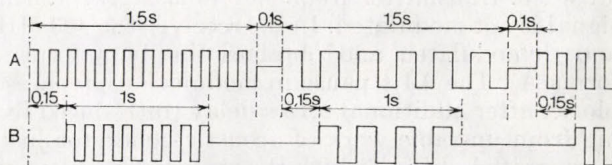


Fig. 4. Waveforms showing operation of the system

the vibrator. Its free end is used to fasten the sonde to the balloon, what protects the transmitter against frequency modulations due to mechanical vibrations of the antenna. The 403 MHz frequency is FM modulated due to the signal coming from the acoustic generator to the base of transmitter transistor through suitable resistor. The power supply consists of a commercial 9 V battery 6F22, and stabilizer of -7 V output voltage, what provides 25–30 mA current supply for 30–60 minutes of work even when quality of the battery is low. The protective box is made of styrofoam or cardboard and is covered with 0.02 mm aluminum foil, which protects the instrument against sun radiation and works as an earth screen for the antenna (Fig. 3.)

3. Receiver

The receiver consists of a converter-amplifier of 403/70 MHz, of a VHF block from a high quality Hi-Fi commercial radio set, and of a digital block for measuring the acoustic frequencies. The converter amplifies the 403 MHz signal from the radiosonde and converts it to a signal in 66–73 MHz range, to which the commercial FM sets in Poland are adjusted. The converter (Fig. 2) contains two bipolar transistors BFY 90 (amplifier and oscillator) and BF 180 (mixer). The acoustic frequency measurement block is built on digital TTL units; it measures the acoustic frequencies in the minisonde signal, expose them on a LED indicator, and controls the external recording units, (tape recorder, perforator, printer etc). The system contains also a C/A converter, which transforms the last two digits of the acoustic frequency into current signal for eventual analogue recording. The receiver has an ordinary half wave antenna. For convenience, during ground checks, calibrations, etc. the acoustic generator of the sonde can be connected to the receiver directly, without use of the transmitter.

4. Operation of the system

After activation of the minisonde and a ground check (unnecessary if the thermistors are of good quality and stable), the sonde is fastened with a 6 m long thread to a sounding balloon (30–100 g), the buoyancy of which should

provide at least 2 m/s ascent velocity. During the flight, the air temperature is measured by the dry thermistor; humidity is determined from the dry and wet bulb temperatures according to psychrometric formula.

Both thermistors are alternatively connected to the acoustic generator, the frequency of which is a function only of corresponding dry or wet-bulb temperature.

The work cycle of the generator is as follows (*Fig. 4.*): each thermistor is connected to the generator for about 1,5 s with about 0,1 s pause between; during this pause the acoustic generator is jammed. The acoustic signal modulates the transmitter frequency (403 MHz); during the pause the transmitter signal is not modulated. In the receiver the 403 MHz signal is twice transformed and demodulated and obtains finally a form shown on the *Fig. 4* (wave forms A). The 0,1 s pause in modulation prepares the frequency measurement block; after additional 0,15 s delay (introduced in order to avoid errors following from unstable work of acoustic generator just after activation) a 1 s gate is generated, during which the acoustic impulses are counted and then exposed on a LED indicator, for following 1,5 s (see *Fig. 4* waveform B). This cycle is repeated after each 0,1 s pause in transmitter modulation. The recording is made by means of two various units depending on the conditions of work. Under field conditions the recording of the acoustic frequencies is being made on a two channel analogue recorder (for fast inspection and eventual manual processing) and on a magnetic tape recorder, from which they can be later copied to the 8-bit perforated paper tape for computer processing. In stationary conditions the paper tape perforator can be connected directly to the receiver, and high resolution analogue recorders could be used for fast visualisation; still another output alternative may be a printer. In emergency, the data could be manually recorded from the LED indicator.

The output from the receiver gives two sets of frequencies in form of 1 s time averages as functions of time with 1,5 s resolution. These frequencies must be next turned to dry and wet bulb temperatures or other expressions for humidity by means of calibration data. The temperature (humidity) *vs.* altitude (or pressure) dependence can be established, if altitude (pressure) *vs.* time function is known from other measurements. For this purpose the use of radar or two-theodolite pilotage is recommended, though in case when particularly high accuracy is not required, this function can be determined by assuming constant ascent velocity.

5. Calibration of the minisonde

Calibration of the minisonde takes advantage of the fact that in a wide range of temperatures the thermistor resistance R is connected with absolute temperature T by means of relation of the form:

$$R = A \exp \frac{B}{T}$$

where A and B are material constants of the thermistor. On the other hand the acoustic generator frequency f is inversely proportional to R . Thus relation of f and T becomes

$$\ln f = \frac{B}{T} + D$$

where D is again a certain constant. Since material constant B of the thermistor is usually known and fairly stable, the calibration could be in principle made in one point. In practice the calibration of each thermistor is made in two temperatures T_1 and T_2 from which the constants B and D can be determined, and additionally checked in one or two points. If sounding is made some time after calibration a ground check may be recommended just before start for eventual shift of the value of D .

In order to 0.2 K accuracy of temperature determination, T_1 and T_2 should be at least 20 K apart and differ not more than 10 K from respective ends of the expected range of air temperatures. They should be known with accuracy better than 0.1 K and all computations should be made, to at least five decimal places. If additional check indicates error greater than 0.2 K, the calibration should be repeated or the sonde disqualified. No separate calibration is made for humidity, which is determined from psychrometric formula. Psychrometric constant $A = 0.4095$ is recommended.

The relative humidity of air can be in this way determined with accuracy better than 5% for positive (centigrade) wet bulb temperatures. Below 0° the indications may become erratic, particularly during freezing of the wetting wick.

6. Summary and conclusions

The prototype radiosonde has been checked in laboratory, where assumed accuracy and stability have been achieved. The accuracy and stability have been found satisfactory even in soundings made in a common flight with standard RKZ-21 (1) radiosonde. With a half-wave antenna in the receiver the signals from the minisonde have been successfully received from ca 40 km distance and ca 8 km altitude, and the transmitter has been working with very good stability. Accuracy of the minisonde could not be checked in this tests due to insufficient accuracy and resolution of the RKZ-21 radiodsonde.

These unexpectedly good results were obtained by means of an instrument which can be easily assembled from simple, relatively cheap and easily available elements in a moderately equipped electronic workshop. High stability of the transmitter has been achieved without quartz control. Low costs of the minisonde and possibility of use of small balloons with small hydrogen or helium consumptions makes this system a convenient tool in boundary layer studies or air pollution monitoring.

Acknowledgements. The authors acknowledge with thanks kind assistance and cooperation of Prof. K. Haman, Dr. R. Balcer, Mrs. M. Nurek and Mr. J. Podwysocki from the Institute of Geophysics, Warsaw University during designing and constructing the prototype series of the minisonde and receiving sets.

REFERENCES

- Frenzen, P. and Prucha, L. L., 1975: *The WHAT system. A digitized radiosonde and doubleteodolite balloontracking system for planetary boundary layer investigations. Atmospheric technology, winter 1974-1975.* NCAR, 129-134.
- Haman, K., Głowczewski, P., Kossobudzki, L. and Lachowicz-Balcer, T., 1980: A new boundary-layer radiosonde. *Acta Geophysica Polonica*, 28, 241-246.
- Hart, R. L., George, F. R., Vanloon, L. S., Hicks, B. B. and Kulhanek, F. C., 1978: The ANL 403 MHz Radiosonde System. *Journal of Applied Meteorology* 17, 235-238.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 87. évf. 4. szám 1983. július–augusztus
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 87. No 4. July–Aug. 1983. Budapest

Calculation of soil thermal changes

ÁCS, F. and MIHAILOVIČ, T.D. *Department of Meteorology,
University of Novi Sad, Yugoslavia*

A talajhőmérséklet változásának számítása. A szerzők Fourier analízissel meghatározták az 1957–1980 évekre a Novi Sad körüli talajhőmérséklet évi változásainak analitikai kifejezését. Hét talajmélységet vettek tekintetbe. Ugyancsak vizsgálták az amplitúdó- és fázisváltozások egyenleteit a különböző mélységekre vonatkozóan. Az eredmények alapján megállapították a talaj hőmérsékleti hullámának hődiffúziós és sebességi változásait.

*

Calculation of soil thermal changes. The analytical expressions of the annual changes of the temperature in the soil of Novi Sad during 1957–1980 was obtained by Fourier analysis. Seven depths were taken into consideration. The formulae of the amplitude and phase changes in respect of depth have also been considered. Using these results, the changes in the thermal diffusivity and velocity of the temperature wave in the soil established.

*

Introduction. The soil heat flux, as a constituent part of the energy balance in the ground surface, can be calculated from the thermal characteristics of the soil. Hereafter temperature changes in time and depth, thermal diffusivity, the amplitude and velocity of the temperature wave in the soil will be referred to as thermal characteristics. A number of authors have devoted their attention to the calculation of soil heat flux under various thermal characteristics (*Dorilovič*, 1956, *Derksen*, 1968, *Dubrovin*, 1977, *Gordin* 1981, *Kaganov* and *Chudnovsky*, 1949). In this paper the thermal characteristics were analysed for the soil in Novi Sad. The temperature changes in time and depth were analysed and estimated by Fourier analysis (see e. g. *Spiegel*, 1974) is. This presented in Section 1. The features of changes in time and depth of thermal diffusivity and velocity of the temperature wave in the soil are shown in Section 2. The mean monthly values of soil temperature in Novi Sad for depths of 2 cm, 5 cm, 10 cm, 20 cm, 30 cm, 50 cm, and 100 cm in the 1957–1980 period were used. The data were taken from the Bulletin of the Provincial Hydrometeorological Institute of SAP Vojvodina.

1. *The annual course of soil temperature*

The annual course of soil temperature can be represented by the Fourier time series

$$T_z(t) = A_0 + \sum_{k=1}^{\infty} A_k \sin(kt + \omega_k) \quad (1)$$

where $T_z(t)$ is the soil temperature in z depth. It appears that the third harmonic development provides a good approximation. Then Eq. (1) can be rewritten as

$$T_z = A_0 + \sum_{k=1}^3 A_k \sin(kt + \omega_k). \quad (2)$$

Inserting the coefficients A_0 , A_k and ω_k in Eq. (2), the annual course of soil temperature for the different depths will be

$$T_2(t) = 12.64 + 12.56 \sin(t + 269.31) + 0.35 \sin(2t + 77.12) + 0.18 \sin(3t + 146.30). \quad (3)$$

$$T_5(t) = 12.50 + 12.16 \sin(t + 268.25) + 0.20 \sin(2t + 63.43) + 0.23 \sin(3t + 179.97). \quad (4)$$

$$T_{10}(t) = 12.26 + 11.81 \sin(t + 266.75) + 0.21 \sin(2t + 39.09) + 0.29 \sin(3t + 139.18). \quad (5)$$

$$T_{20}(t) = 12.25 + 11.29 \sin(t + 264.10) + 0.20 \sin(2t + 36.87) + 0.30 \sin(3t + 135.00). \quad (6)$$

$$T_{30}(t) = 12.31 + 10.84 \sin(t + 262.00) + 0.14 \sin(2t + 50.71) + 0.19 \sin(3t + 178.63). \quad (7)$$

$$T_{50}(t) = 12.55 + 9.96 \sin(t + 256.82) + 0.11 \sin(2t + 354.80) + 0.19 \sin(3t + 178.63). \quad (8)$$

$$T_{100}(t) = 12.47 + 7.74 \sin(t + 242.37) + 0.01 \sin(2t + 180.00) + 0.09 \sin(3t + 108.43). \quad (9)$$

Table I summarizes the calculated [From Eqs. (3)–(9)] and observed values of soil temperatures, while *Table II* shows the differences. These differences are very small and they do not exceed 0.3°C, being the highest in

TABLE I

The mean monthly soil temperature in Novi Sad for 1957–1980 period: (a) observed (b) calculated by Fourier analysis

(a)

Depth, cm	Temperature °C											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
2	0.4	2.0	5.8	12.3	18.7	23.4	25.2	24.3	19.0	12.2	6.3	2.0
5	0.6	2.0	5.8	12.0	18.4	22.7	24.5	23.8	19.0	12.4	6.6	2.3
10	0.7	1.9	5.6	11.5	17.8	21.7	23.9	23.5	18.9	12.5	6.8	2.4
20	1.2	2.2	5.4	11.1	17.1	21.0	23.3	23.2	19.0	13.0	7.4	3.1
30	1.8	2.4	5.3	10.8	16.5	20.7	22.8	22.9	19.1	13.5	8.1	3.8
50	3.0	3.1	5.6	10.4	15.5	19.6	22.0	22.5	19.5	14.6	9.6	5.1
100	5.7	4.8	5.7	9.0	12.8	16.6	19.2	20.3	19.1	16.0	12.2	8.3

(b)

Depth, cm	Temperature, °C											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
2	0.6	1.8	6.0	12.3	18.7	23.4	25.4	24.0	19.1	12.3	6.1	2.1
5	0.7	1.8	5.9	12.1	18.3	22.7	24.7	23.5	19.1	12.5	6.4	2.3
10	0.8	1.7	5.7	11.7	17.6	21.8	24.0	23.2	19.0	12.6	6.6	2.5
20	1.4	1.9	5.5	11.2	16.9	21.1	23.4	23.0	19.2	13.1	7.2	3.2
30	1.9	2.3	5.5	10.8	16.4	20.7	23.0	22.6	19.2	13.6	8.0	3.9
50	3.0	3.0	5.7	10.4	15.5	19.6	22.1	22.3	19.6	14.7	9.4	5.3
100	5.7	4.7	5.8	8.9	12.9	16.6	19.2	20.2	19.1	16.0	12.1	8.4

February, August and November. In increasing the depth, the differences do not exceed 0,1°C in absolute value. A similar result has been obtained *T. D. Mihailović et. al* (1981) when analysing the soil temperature for different hours of observation.

TABLE II
Differences (°C) between the observed and calculated soil temperatures

Depth, cm	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
2	-0.2	0.2	-0.2	0.0	0.0	0.0	-0.2	0.3	-0.1	-0.1	0.2	-0.1
5	-0.1	0.2	-0.1	-0.1	0.1	0.0	-0.2	0.3	-0.1	-0.1	0.2	0.0
10	-0.1	0.2	-0.1	-0.2	0.2	-0.1	-0.1	0.3	-0.1	-0.1	0.2	-0.1
20	-0.2	0.3	-0.1	-0.1	0.2	-0.1	-0.1	0.2	-0.2	-0.1	0.2	-0.1
30	-0.1	0.1	-0.2	0.0	0.1	0.0	-0.2	0.3	-0.1	-0.1	0.1	-0.1
50	0.0	0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.2	-0.1	-0.1	0.2	-0.2
100	0.0	0.1	-0.1	0.1	-0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	-0.1

The change of the amplitude of the amplitude of the temperature wave in the soil with depth has, in accordance with theoretical considerations, an exponential form. Using the data measured in Novi Sad, it was found that the change of the amplitude of the temperature wave in the soil had the form:

$$A_z = 24.27 e^{-0,004609 Z} \quad (10)$$

where A_z was the amplitude. *Fig. 1* clearly shows that the differences between the observed amplitudes and those calculated from Eq. (10) are more expressed for lower depths.

The data of occurrence of the extreme temperatures at the different depths were calculated in accordance with the first harmonic of soil temperature

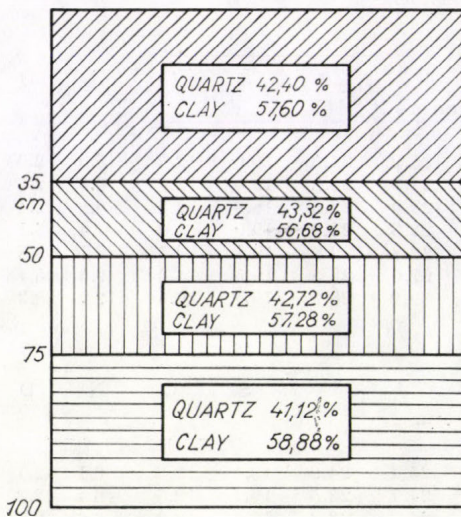


Fig. 1: Amplitude of soil temperature change

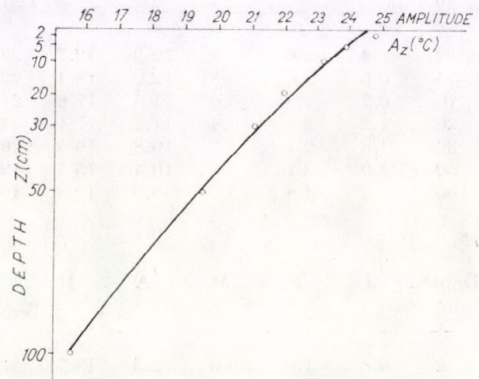


Fig. 2: Data of occurrence of extreme temperatures (a) maximum, (b) minimum

changes respective to depth. The analytical forms of these expressions are

$$t_z^{\min} = 16.273 + 0.272 Z \quad (11)$$

$$t_z^{\max} = 16.750 + 0.280 Z \quad (12)$$

They are presented in Fig. 2.

2. Thermal diffusivity and velocity of the temperature wave in the soil.

In order to analyse the changes in thermal diffusivity in respect of the depth of the soil, two formulae have been taken into consideration. The first one is:

$$K_A = \frac{\pi}{\tau} \left[\frac{Z_2 - Z_1}{\ln \frac{A_{Z_1}}{A_{Z_2}}} \right]^2 \quad (13)$$

where K_A is the thermal diffusivity (further on it will be referred to as the amplitude of thermal diffusivity), τ is one-year period, Z_1 and Z_2 two different depths and A_{Z_1} and A_{Z_2} are the corresponding amplitudes of the extreme values of the temperature wave. The second equation is (hereafter referred to as the phase thermal diffusivity) is:

$$K_F = \frac{\tau}{4\pi} \left[\frac{Z_2 - Z_1}{t_{Z_1}^{\max} - t_{Z_2}^{\max}} \right]^2 \quad (14)$$

where K_F is the phase thermal diffusivity and $t_{Z_1}^{\max}$ and $t_{Z_2}^{\max}$ are data of the occurrence of the extreme temperatures and depths Z_1 and Z_2 , respectively. By means of Eqs. (13) and (14) the thermal diffusivities were calculated in the 2 cm – 5 cm, 5 cm – 10 cm, 10 cm – 20 cm, 20 cm – 30 cm, 30 cm – 50 cm, and 50 cm – 100 cm layers. The layer structure of the soil in Novi Sad is shown in Fig. 3.

The thermal diffusivity changes are shown in Fig. 4. This change, as can be seen from the Figure, is in the interval $0.6 \times 10^{-3} - 8.4 \times 10^{-3} \text{cm}^2 \text{s}^{-1}$. Its value increases with depth (the increase in Fig. 4a is steeper than in Fig. 4b), and

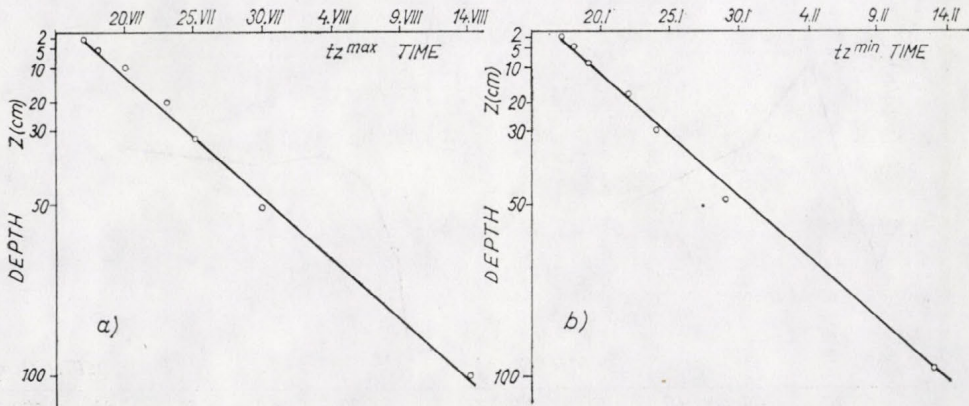


Fig. 3 : Soil structure in Novi Sad

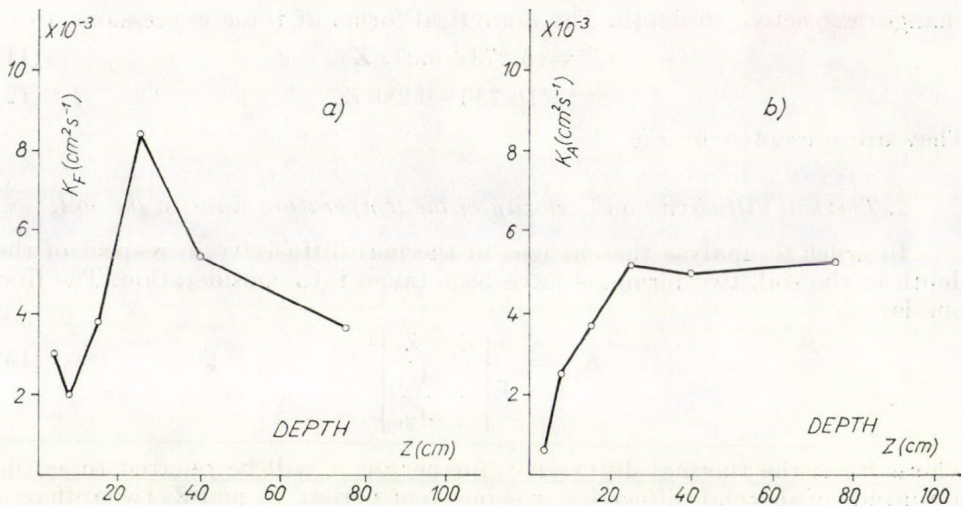


Fig. 4: Thermal diffusivity change; (a) phase, (b) amplitude

there after it decreases. The tendency of the phase thermal diffusivity decrease is steeper than the decrease in the amplitude of thermal diffusivity. As a conclusion it may be suggested that in both cases of calculating the thermal diffusivity we have got a similar course as a function of depth. Some differences can be attributed to the different ways of calculation. The velocity of the temperature wave in the soil was calculated by the relations:

$$C_A = 2 \left[\frac{K_A \pi}{\tau} \right]^{1/2} \quad (15)$$

$$C_F = 2 \left[\frac{K_F \pi}{\tau} \right]^{1/2} \quad (16)$$

where the subscripts in Eqs (15) and (16) have the meanings as in Eqs. (13) and (14). It should be mentioned that the different Eqs. (13) – (16) were derived from a consideration of about one harmonic of the temperature waves during

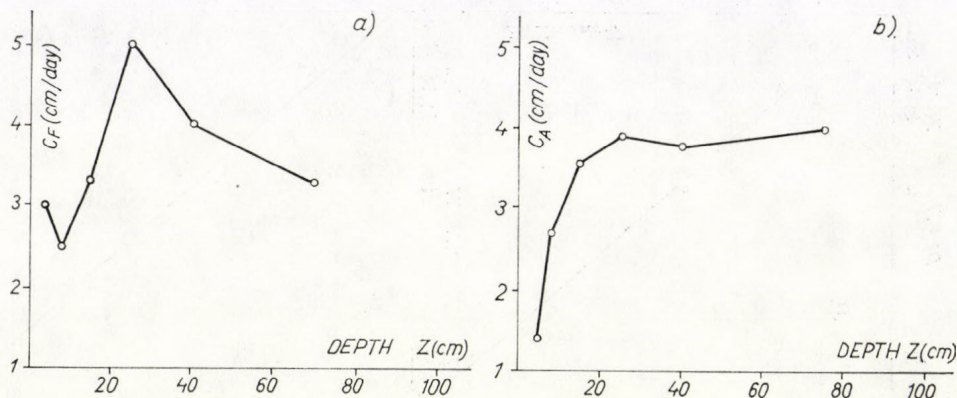


Fig. 5: Velocity-change of the temperature wave in the soil; (a) phase, (b) amplitude

a day. More, details can be found in the works of *Sutton* (1953) or *Veresnin* (1959) the velocity change of the temperature wave in the soil is shown in *Fig. 5*. The characteristics of the changes are similar to the characteristics of the thermal diffusivity course.

3. Summary

In this paper the thermal changes in soil in different depths in Novi Sad were analysed by Fouries analysis and a good agreement has been found between the observed and calculated values. Using these values, the thermal diffusivity and velocity of the temperature wave in the soil were calculated.

REFERENCES

- Dobrilović, N. B.*, 1956: The annual course of sand temperature in Beograd (period 1927 – 1939). *Recueil de travaux de l'Acad. Serbie des Sc. LI-Institut de géographie* No. 12.
- Derksen, W. J.*, 1968: Energy balance near the surface. *Proceedings Regional Training Seminar on Agrometeorology*, 13 – 25 May, Wageningen.
- Dubrovín, L. V.*, 1977: *Usovershenstvovanie metodiki rascheta potoka tepla v pochvu*. Trudi'GGO, Vip. 396, 102 – 111.
- Gordín, V. A.*, 1981: Metod rascheta potoka tepla v pochvu po temperature. *Meteorologiya i Gidrologiya*, No. 1, 54 – 60.
- Kaganov, M. A. and Chudnovsky, A. F.*, 1949: Opredeleniye koeficienta temperaturiprovodnosti pochvi po dannim srochenih izmerennyh temperature. I.A.N. SSSR, *Seriya Geograficeskaya i Geofiziceskaya*, T. XII, No. 5, 428 – 433.
- Kolmogorov, A. N.*, 1950: K. voprosu ob opredeleniy koeficienta temperaturuprovodnosti pochvi. I.A.N. SSSR, *Seriya Geograficeskaya i Geofiziceskaya*, T. XIV, No. 2, 97 – 98.
- Mihailovič, T. D., Ács, F. J. and Koledin, G.*, 1981: Harmonic analysis of annual variation of soil temperature in Novi Sad (submitted for publication).
- Spiegel, M. R.*, 1974: *Fourier analysis with applications to the boundary value problems*. Schaum's Outlines Series, McGraw-Hill, Book Company, 192 pp.
- Sutton, O. G.*, 1953: *Micrometeorology*. McGraw-Hill Book Company New York, 333 pp.
- Veresnin, P. V.*, 1959: *Osnovi agrofiziki*. Gosudarstvennoye Izdatelstvo Fiziko-Matematicheskoy Literaturi. Moskva, 903 pp.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 87. évf. 4. szám. 1983. július–augusztus
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 87. No 4. July–Aug. 1983. Budapest

A sokévi átlagok optimális felhasználása a havi középhőmérséklet becslésére

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

Application of climatological means for estimation of the monthly mean temperature. The optimum length of necessary climatic data is determined in order to estimate the monthly mean temperatures of the following year using the record of Budapest between 1881 and 1980. It is proved that climatological normals are far not of the optimum length: from February to September we need shorter, but from October to January we need longer periods to achieve the best estimation. Determining the forecasting skill of climatological means as 50%, the improvement is 2.5 % in 12 monthly average using the optimal lengths. At the same time the optimal record is getting worse faster so it is not enough to renew them in every tenth year. For the bigger part of the year the optimum estimation can be better and the necessary length is shorter in the last one hundred year than in the previous one hundred year, but in winter the situation is the opposite.

✱

A sokévi átlagok optimális felhasználása a havi középhőmérséklet becslésére. Budapest 1881 és 1980 közötti adatsorának felhasználásával meghatározzuk a rákövetkező év havi középhőmérsékleteinek a sokévi átlagokkal nyerhető legjobb becslését. Kimutatjuk, hogy az éghajlati normálértékek korántsem optimálisak: februártól szeptemberig rövidebb, októbertől januárig viszont hosszabb átlagolási időt alkalmazva érhetjük el a legjobb közelítést. A javulás a normálértékek 50%-os bevalásához viszonyítva 12 hónap átlagában 2,5%. Az optimális hosszúságú átlag ugyanakkor sokkal gyorsabban avul el, ezért nem elég azokat tíz évenként megújítani. Az optimalizált becslés pontossága az utóbbi száz évben az év nagyobb részében jobb; az ehhez szükséges átlagolási idők pedig rövidebbek, mint a megelőző száz évben, míg télen a helyzet fordított.

✱

Bevezetés. Bármely előrejelző módszer gyakorlati alkalmazhatóságának elengedhetetlen feltétele, hogy hosszabb időszak átlagában jobb beválást biztosítson, mint az éghajlati normálérték, vagy más sokévi átlag. Ez utóbbi megközelítés az adott helyen és időszakban lehetséges állapotok együttesét jellemzi anélkül, hogy bármilyen kiegészítő információt felhasználnánk az éghajlati rendszer aktuális állapotáról. Minél hosszabb távú előrejelzésről van szó, annál kevésbé tudjuk ezt a kiegészítő információt a prognózisok pontosítására felhasználni és annál közelebb kerülünk ahhoz az időhöz, amelyen túl az éghajlati rendszer egyes összetevőinek pillanatnyi állapota már nem befolyásolja a jövőt. Ez az idő természetesen komponensenként (információ-fajtánként) erősen különböző (Mitchell, 1976). A kiegészítő információ nélküli, a továbbiakban *éghajlati nullprognózisnak* nevezett közelítés tehát két szempontból bír jelentőséggel a hosszú távú előrejelzés számára. Egyfelől viszonyítási alap az „igazi” módszerek minőségére nézve, másfelől pedig egy bizonyos időtávon túl ma még az egyetlen korrekt információ, amely a népgazdaságnak adható, noha —

mint azt pl. *Nyberg* (1975), illetve hazai adatokra *Rákóczi* és *Szidarovszky* (1976) kimutatta – egyetlen állomás visszamenőleges adataira támaszkodva is kidolgozható a normálértéknél jobb közelítést eredményező prognózis-módszer. Fontos tehát, hogy a nullprognózishoz szükséges időátlagokat olyan hosszúságú időszakból számítsuk ki, amely a rákövetkező évre – hosszabb idő átlagában – a legjobb beválást eredményezi, azokat kellő időközönként újraszámoljuk és végül tudjuk, milyen átlagos beválása lesz az optimális éghajlati nullprognózisnak.

A klimatológiai gyakorlatban használt normálértékek hosszának egységes megállapítását évtizedekig tartó tudományos polémia előzte meg (*WMO*, 1967), amely zömmel arra irányult, hogy a normálértékek becslésének hibája milyen hosszú átlagolásnál szorul egy előre választott küszöb alá (*Keil*, 1980). A meghatározásnak ez a módja azt az általános elképzelést tükrözte, hogy az éghajlat elegendő hosszú idő átlagában stabil, csak területi változékonyságot mutat, miközben az egyes évek csupán véletlen eltérések miatt nem egyeznek ezzel az átlaggal. A 30 éves átlagértékek, mint az optimálisnak vélt 50 vagy 100 évhez képest már elfogadható kompromisszum kerültek elfogadásra a Nemzetközi Meteorológiai szervezet 1935. évi Igazgatói Konferenciáján, Varsóban. Később egyre világosabbá vált, hogy az állandó éghajlat koncepciója nem tartható (pl. *Lamb*, 1959), ami többek között azzal a következménnyel járt, hogy a *WMO* 1956-ban megfogalmazott ajánlása nyomán a normálértékeket 10 évenként fel kell újítani, mindig a legutolsó 30 évet figyelembe véve. A két szemlélet közötti átmenet jellemző hazai példája *Berkes* (1956) munkája, amelynek végkövetkeztése, hogy Budapest adatai szerint az „éghajlat-ingadozások” miatt a 30 év nem elég hosszú az éghajlat jellemzésére. (A szerzők véleménye szerint az éghajlat időtől független, csak az adott földrajzi ponthoz kötődő jellemzésének az éghajlatváltozások – és nem az éghajlat-ingadozások – miatt nincs gyakorlati értelme.) Az így definiált normálérték a származtatási időszakot követő évtizedek éghajlati viszonyainak egyenletesen legjobb közelítésére tart igényt, tehát nem garantálja, hogy az éghajlati nullprognózis szempontjából is optimális. *Lenhard* és *Baum* (1954), majd további szerzők az Egyesült Államokban kimutatták, hogy a 15–25 éves átlagok jobb prediktorai a rákövetkező év hőmérsékleti és csapadékviszonyainak, mint az éghajlati normálértékek (*Lamb* és *Changnon*, 1981). Dolgozatunkban Budapest havi középhőmérsékleti adatainak felhasználásával keressük a választ a sokévi átlagok optimális felhasználásának mikéntjére. Az év 12 hónapjára meghatároztuk, hogy hány év átlagával kapjuk a legjobb közelítést a rákövetkező évben, elegendő-e az így előállított átlagértékek tíz évenkénti újraszámítása, hogyan viszonyul az optimalizált éghajlati nullprognózis négyzetes középhibája a 30 éves átlagok szórásához, amely a szakmai köztudatban az éghajlati nullprognózis jellemzője, és végül számszerűen jellemezzük az optimalizálás okozta javulást a normálérték alkalmazásához viszonyítva.

1. Adatok és módszer

Elemzésünkben Budapest 1881 és 1980 közötti százéves havi középhőmérsékleti idősorát használjuk fel, amelyhez egyetlen, a 2.1. pontban ismertetett vonatkozásban, a megelőző 100 év hasonló adatait is hozzávettük. Valamely adott nevű hónap sorozatában az i -edik évhez tartozó adatot a T_i szimbólummal jelöljük, ahol $i=1, 2, \dots, N$. ($N=100$)

A K éves átlagot felhasználó éghajlati nullprognózis minőségét az

$$S(K) = \left\{ \frac{1}{N-K} \sum_{i=1}^{N-K} \left[T_{K+i} - \frac{1}{K} \sum_{j=0}^{K-1} T_{i+j} \right]^2 \right\}^{1/2} \quad (1)$$

négyzetes középhibával jellemezzük. Az így definiált K éves átlagokkal azon éveket közelítjük, amelyeket az átlag képzésénél nem használtunk fel, hanem azzal az átlagképző időszak utolsó éve utáni év havi középhőmérsékleteit becsüljük. Például K=22 esetén az 1881–1902 évek alapján az 1903. évet az 1882–1903 alapján az 1904. évet, s i. t. Számítástechnikai korlátok miatt csak minden páros K-ra számoltunk, pontosabban 2, 4, ..., 50 évre. A 100 éves idő-sorból így minden K-ra N-K; vagyis legalább 50 adat generálta az S(K) kritériumot. A következő pontban ismertetendő valamennyi eredmény ezen, minden hónapra előállított S(K) függvény vizsgálatán alapul.

2. Eredmények

2.1. *Optimális átlagolási idő.* Az éghajlati nullprognózis optimalizálásának legfontosabb kérdése, hogy hány évből származzanak az átlagértékek. Legkedvezőbbnek azt a hosszat tekintjük, amelyből számolt sokévi átlag az elmúlt évszázad átlagában a legkisebb négyzetes középhibával közelítette a rákövetkező évek azonos nevű hónapját, vagyis azt a K értéket, amelyre az S(K) függvénynek a 2–50 éves tartományon minimuma van.

Annak érdekében, hogy csökkentsük a függvény menetének véletlenszerű oszcillációit és először feltárjuk a simított menetet jellegzetességeit, az 50 évet nyolc darab 6–6 éves részintervallumra bontottuk. (Az így nyert átlagolt négyzetes középhibát [S(K)]-val jelöljük.) A 2 éves átlagokat figyelmen kívül hagytuk. Az I. táblázatban a 12 hónapot reprezentáló oszlopban *-gal jelöltük a legkisebb értékeket; melyek jellegzetes éves menetet mutatnak. Októbertől januárig a legjobb átlagok 40–50 év hosszúságúak, míg az év februártól szeptemberig terjedő, nagyobbik részében ennél sokkal rövidebb átlagok optimálisak. Ez a nyolc hónap további két 4 hónapos szakaszra bontható. Februártól májusig 15 és 25; júniustól szeptemberig a 10 és 20 év között van az optimális átlagolási idő. Ez utóbbi két időszak azonban lényegesen kevésbé különül el egymástól, mint az október–januári időszaktól.

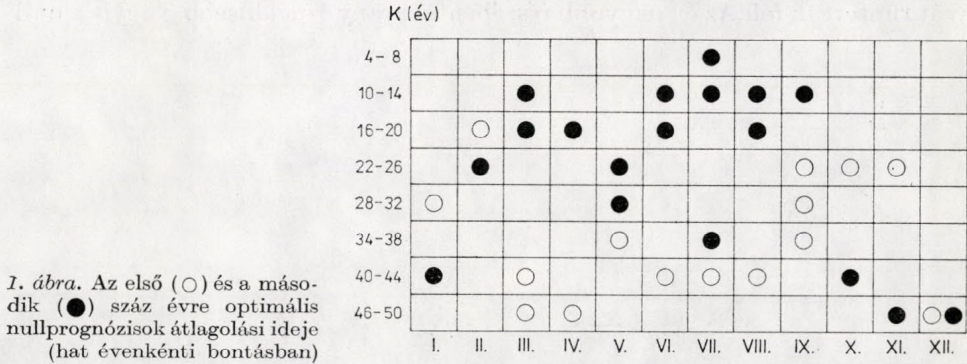
I. TÁBLÁZAT

A különböző hosszúságú átlagolási idővel készült nullprognózisok [S(K)] négyzetes középhibája 6 évenkénti összevonásban (°C)

K. év	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
4–8	2,99	2,96	2,34	1,73	1,81	1,45	1,31*	1,43	1,66	1,75	2,08	2,25
10–14	2,98	2,88	2,24*	1,69	1,75	1,37*	1,31*	1,34*	1,59*	1,67	2,01	2,21
16–20	2,86	2,85	2,24*	1,68*	1,72	1,37*	1,32	1,34*	1,63	1,64	2,02	2,26
22–26	2,82	2,83*	2,29	1,70	1,69*	1,39	1,32	1,39	1,68	1,65	1,98	2,23
28–32	2,93	2,85	2,34	1,73	1,69*	1,41	1,33	1,40	1,71	1,51	1,94	2,22
34–38	2,92	2,91	2,36	1,76	1,77	1,43	1,31*	1,40	1,68	1,51	1,91	2,10
40–44	2,80*	2,98	2,40	1,76	1,70	1,41	1,33	1,40	1,70	1,50*	1,88	2,10
46–50	2,84	2,90	2,49	1,79	1,71	1,39	1,34	1,41	1,73	1,52	1,71*	2,09*

Az optimális $S(K)$ értékek éves menetében áprilisról májusra stagnálás, szeptemberről októberre pedig csökkenés mutatkozik. E szingularitás a havi középhőmérsékletek szórásában is jelen van. (V.ö. a II. táblázattal.)

Az I. táblázatból kitűnik, hogy a 30 év a legkevésbé sem optimális átlagolási hossz, hiszen május kivételével egyetlen hónap optimuma sem esik erre az időszakra. A hagyományos éghajlati normálértékek használata a havi középhőmérséklet előrejelzésével kapcsolatban ezért nem ajánlható.



Vizsgálatra érdemesnek ítéltük azt a kérdést, hogy vajon a normálértékeket definiáló kollektív bölcsesség volt-e elégtelen az éghajlati nullprognózis szempontjából, vagy éghajlatunk változott a csaknem 50 évvel ezelőtti döntés óta. Ennek érdekében az $S(K)$ függvényt előállítottuk Budapest 1781 és 1880 közötti havi középhőmérsékleteire is. E számításban minden K értékhez pontosan 100 rákövetkező évet vettünk figyelembe. Az I. ábrán feltüntettük, hogy a két évszázadban külön-külön melyik 6 éves időszak volt optimális. Megfigyelhető, hogy az első időszak optimumai általában közelebb vannak a 30 évhez; ennél rövidebb időszak csak 3 hónapban optimális. Márciustól augusztusig, valamint decemberben 40 év körül van az optimum. A márciustól szeptemberig terjedő időszakban a második száz évben az optimumok lényegesen rövidebbek lettek, míg októbertől februárig fordított a helyzet. Figyelembe véve tehát, hogy a normálértékek hosszának korabeli megválasztása évtizedekkel korábbra

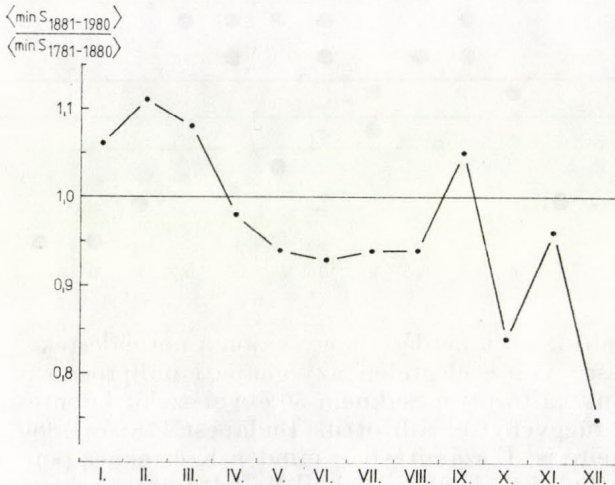
II. TÁBLÁZAT

A normálértékek átlagos szórása; a 30 év, illetve optimális hosszúságú átlaggal elérhető négyzetes középhiba, illetve ugyanez 10 éve elavult átlagokkal

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
σ_{30}	2,86	2,78	2,13	1,66	1,64	1,34	1,25	1,32	1,60	1,60	1,94	2,14
$S(30)$	2,93	2,84	2,34	1,73	1,69	1,40	1,33	1,41	1,75	1,52*	1,96	2,21
$\min S$	2,76	2,79	2,23	1,66	1,67	1,36	1,28	1,31	1,59	1,47	1,67	2,06
K_{\min}	42	50	12/14/16	16	28	10/12/16	8	12	10/14	44	50	38
$S^{10}(K_{\min})$	2,86	3,02	2,30	1,73	1,76	1,43	1,40	1,40	1,72	1,55	1,80	2,06
$S^{10}(30)$	2,94	2,96*	2,39	1,81	1,69*	1,43*	1,35*	1,44	1,75	1,53*	1,96	2,11

visszanyúló elemzéseken alapult, úgy véljük, a 30 éves átlagok korántsem optimális volta főleg az azóta bekövetkezett klímaváltozással magyarázható. Az optimális átlagolási időben jelentkező eltérés újabb adalék a két évszázad budapesti hőmérsékleti sorában fellelhető eltérésekhez (Szakács, 1981). Ebből rögtön az is következik, hogy az optimális átlagolási hossz nem állapítható meg egyszer s mindenkorra, hanem néhány évtizedenként újra meg kell határozni.

Megvizsgáltuk azt is, hogy változott-e a nullprognózis pontossága az előző évszázadhoz képest. A 2. ábrán a második, illetve az első évszázadra az ismertett 6 – 6 éves összevonásban optimális átlagok négyzetes középhibájának arányát tüntettük fel. Az év nagyobb részében az arány 1-nél kisebb, vagyis a null-



2. ábra. A második, illetve az első száz évet jellemző optimális nullprognózisok szórásának aránya az egyes hónapokban (hat éves simítás után)

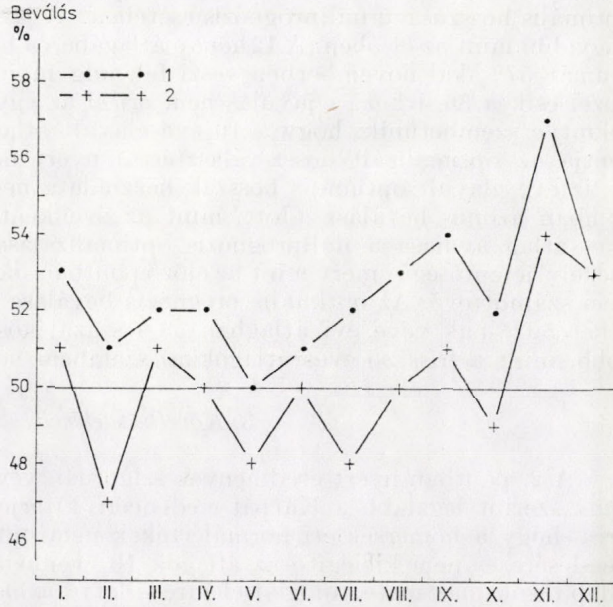
prognózis pontosabbá vált az előző évszázadhoz képest. Különösen jelentős a javulás októberben és decemberben. A januártól márciusig terjedő időszakra ezzel szemben az első században lehetett pontosabb nullprognózist készíteni és a szeptember is szeszélyesebben viselkedik az utóbbi évszázadban. A második száz évet 12 hónap egészében a nullprognózis javulása és a tél mintegy későbbre tolódása jellemzi.

2.2 Az átlagértékek avulása. Ha az éghajlat szigorúan állandó volna, és az egyes évek csak egy állandó szórású véletlen zaj jelenléte miatt térnének el az átlagtól, akkor a nullprognózis hibája megegyezne a szórással. Mivel azonban az éghajlat nem állandó, e megegyezés sem szükségszerű. A II. táblázat első sorában a 30 éves átlagok szórását tüntettük fel az 1881 – 1980. évek, vagyis 70 különböző alapidőszak átlagában. A második sor a 30 éves átlagok, mint éghajlati nullprognózis $S(30)$ négyzetes középhibáját tartalmazza az év 12 hónapjában. Szembetűnő, hogy a nullprognózis hibája október kivételével 1 – 10 százalékkal nagyobb, mint az átlagos szórás. Nem helytálló tehát az az elképzelés, hogy a normálértékre támaszkodó nullprognózis négyzetes középhibája azonos annak szórásával. Az eltérés oka bizonyára a származtatási 30 év és a rákövetkező év közötti éghajlatváltozásban keresendő.

A II. táblázat harmadik sorában a minden évre kiszámított $S(K)$ értékek közül a legkisebbet tüntettük fel, amelyek a negyedik sorban álló számok szerinti hosszúságú átlagolással álltak elő. Ezen értékek definíció szerint nem le-

hetnek nagyobbak a 30 éves átlagoknál, s mint látható, sehol nem is egyenlők azokkal; a 30 éves átlagok szórásánál pedig októbertől januárig, valamint márciusban lényegesen kisebbek, míg a nyári félévben közel egyenlők, sőt májusról júliusig valamivel nagyobbak. Az optimális nullprognózis négyzetes középhibájának becslésére tehát a 30 éves szórás a téli hónapokban kevésbé alkalmas, míg a nyári félévben az avulás hibanövelő-, illetve az optimális hosszválasztás hibacsökkentő hatásának kiegyenlítődése folytán közelítőleg megfelelő.

A klimatológiai gyakorlatban a normálértékeket nem minden évben, hanem csak 10 év elteltével újítják fel. Kérdés, hogy megtehetjük-e ugyanezt az optimális éghajlati nullprognózist biztosító átlagértékekkel? A II. táblázat



3. ábra. Az optimális nullprognózis beválása a 30 éves átlagéhoz (50%) viszonyítva évenként megújított (1), illetve 10 éve elavult (2) átlagok felhasználásával

ötödik sorában az optimális hosszúságú, de 10 éve elavult átlagértékkel készülő nullprognózis négyzetes középhibája szerepel. A változatlan minőségű decemberi nullprognózisok kivételével a 10 éve elavult átlagok minden hónapban nagyobb hibával jelzik előre a havi középhőmérsékletet, mintha azokat minden évben újra számolnánk. Az optimális hosszúságú, de 10 éve elavult átlagok prognosztikai értéke az év öt hónapjában nem jobb, mint az ugyancsak 10 éve elavult normál értékeké (1. a táblázat 6. sorának *-gal jelölt értékeit). A II. táblázatból kitűnik az is, hogy az optimális hosszúságú átlagokat használó nullprognózis avulása gyorsabb, mintha 30 éves átlagokra támaszkodnánk. A havi középhőmérséklet éghajlati nullprognózisára tehát az átlagértékeket célszerű minden évben újra előállítani, de a 10 évenkénti újraszámolás semmiképpen sem elegendő.

2.3. Az optimalizálás hatása a nullprognózis beválására. Az előző két pontban megállapítottuk, hogy a normálértékek helyett milyen hosszú időszak átlagait a legcélszerűbb figyelembe venni és kimutattuk, hogy ezen átlagértékek 10 éves elavulása nem megengedhető. E pontban mennyiségileg próbáljuk jellemezni azt a javulást, ami a nullprognózis optimalizálásával elérhető. Refe-

rencia értékek minden hónapra az előrejelzés olyan pontosságát tekintjük, amikor az évente megújított 30 éves átlagokkal készített nullprognózis az hibája 50–50% valószínűséggel lenne kisebb, illetve nagyobb; feltételezve a hiba $S(30)$ szórású normális eloszlását. Ehhez viszonyítva meghatároztuk a *min S* bevalását, amely definíció szerint 50%-nál nem lehet kisebb. Például október hónapra $S(30) = 1,52^{\circ}\text{C}$. Normális eloszlás esetén a szórás $0,676 \cdot \text{szorosán belül}$ esik az értékek 50%-a, tehát októberre a referencia érték $0,676 \cdot 1,52 = 1,03 \text{ C}$. Az optimális nullprognózis *min S* értéke $1,47^{\circ}\text{C}$. Ekkora szórású normális eloszlás esetén az átlag körüli $\pm 1,03^{\circ}\text{C}$ -os intervallumba az előrejelzések 52%-a esik.

A 3. ábrán bemutatjuk a 30 éves átlagok prognosztikai képességéhez (50%) viszonyított javulást a minden évben felújított (1), illetve a 10 éve elavult (2) optimális hosszúságú nullprognózis esetében. A javulás az év második felében nagyobb, mint az elsőben. A 12 hónap átlagában a bevalás 52,5 százalék; maximumát 57%-kal novemberben veszi fel, míg májusban, amikor az optimum közel esik a 30 évhez, a javulás nem éri el az egy százalékot. A (2) görbére tekintve szembevetjük, hogy a 10 éve elavult átlagok használata teljesen elrontja az optimalizált hossz-választással nyert néhány százalékos javulást. A tíz éve elavult optimális hosszak használata négy hónapban rosszabb, háromban azonos bevalást adott, mint az évenként felújított 30 éveseké. A 30 éves átlag avulása a nullprognózis optimalizálásának értéke szempontjából csekély jelentőségű, mert mint az előző pontban megállapítottuk, ez az avulás nem számottevő. Az optimális prognózis bevalása a 10 éve elavult normálértéket 50%-nak véve évi átlagban 53,0 százalékos, ami csak fél százalékkal több, mint a friss 30 éves átlagokkal szembeni bevalás.

3. Következtetések

A 2. pontban nyert eredmények szigorúan véve Budapestre, de megítélésünk szerint legalább a Kárpát-medencére kiterjedő érvénnyel mutatnak rá arra, hogy a hőmérsékleti normálértékek nem optimálisak a rákövetkező év becslésére és nem kielégítő az átlagok 10 évenkénti megújítása sem. E megállapítások más meteorológiai elemre, illetve a havi átlagtól különböző bontásra valószínűleg nem terjeszthetők ki ellenőrzés nélkül. A megállapítások érvénye bizonyára csökken a vizsgált évszázadtól időben távolodva is.

Az optimalizálással kimutatott, évi átlagban 2,5–3,0 százalékos javulás (a legfrissebb, illetve a 10 éve elavult normálértékhez viszonyítva) látszólag nem nagy; ha egy igazi hosszútávú előrejelzés csak ennyivel haladna meg az éghajlati nullprognózist, akkor az nem érné meg a bevezetés és a folyamatos elkészítés költségeit. A meglevő múltbeli adatok optimális felhasználása azonban minimális többlet-ráfordítást igényel a normálértékek tízévenkénti kiszámításához képest. A sokévi átlagokkal nyerhető becslés pontosítása olyan összefüggésben is jelentőséggel bír, hogy a hosszútávú előrejelzések bevalása általában nem magas, (WMO, 1890) ezért fontos tudni, mennyi is pontosan az a többlet, amit egy-egy módszer az éghajlati nullprognózissal szemben fel tud mutatni.

*

A szerzők köszönetüket fejezik ki *Tóth Lászlónak*, az MTA Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézete tudományos munkatársának, aki az MTA SZTAKI IBM-3031 számítógépén elvégzett számításokkal lehetővé tette az 1781–1880-ig terjedő száz év négyzetes középhibáinak bemutatását.

IRODALOM

- Berkes Z., 1956: Harminc évi törzsátlagok, mint éghajlat-jellemző számértékek. *Időjárás* 60, 382–384.
- Keil, K., 1981: Sollen CLINO – Werte Klimanormalwerte sein? *Meteorologische Rundschau* 34, 62–63.
- Lamb, H. H., 1959: Our changing climate, past and present. *Weather* 14, 299–318.
- Lamb, P. J. – Changnon, S. A. jr., 1981: On the best temperature and precipitation normals: The Illinois situation. *Journal of Applied Meteorology* 20, 1383–1390.
- Lenhard, R. W. – Baum, W. A., 1954: Some considerations on normal monthly temperatures. *Journal of Meteorology* 11, 392–398.
- Mitchell, J. M., 1976: Overview of climatic variability and its causal mechanisms. *Quaternary Research* 6(4), 1–3.
- Nyberg, A., 1975: An experiment in forecasting monthly mean temperature in Stockholm. *Tellus* 27, 34–37.
- Rákóczi F. – Szidarovszky F., 1976: Budapest hőmérsékleti sorának információtartalma. *Időjárás* 80, 86–92.
- Szakács Gy., 1981: Budapest 200 éves hőmérsékleti megfigyelései. *Légekör* 26, 6–10.
- WMO, 1967: A note on climatological normals. *WMO Technical Note No. 84*. WMO – No. 208. TP. 108.
- WMO, 1980: Report of the informal meeting of experts on long-range forecasting. *WMO Programme on Short-, Medium- and Long-range Weather Prediction Research (PWPR)*, Geneva.
-

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 87. évf. 4. szám. 1983. július – augusztus
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 87, No 4, July – Aug. 1983. Budapest

Egyidejű havonkénti hőmérséklet- és csapadékanomáliák kategóriái és néhány statisztikai jellemzőjük Magyarországon

MAKRA LÁSZLÓ, JATE Éghajlattani tanszéke, 6722 Szeged, Egyetem u. 2—6.

Categories of simultaneous monthly temperature and precipitation anomalies and some of their statistical characteristics in Hungary. The aim of our study is to determine simultaneous monthly temperature and precipitation anomalies in Hungary (on the basis of regional average of monthly and annual average temperature and precipitation amount at given stations), classifying them and statistical analysis of their interconnection. According to our research the monthly frequency of the single categories seemed to be different; the frequency distribution of the recurrence period of the categories as well as the mean length of the recurrences proved to be as a result of independent events of each other.

✱

Egyidejű havonkénti hőmérséklet- és csapadékanomáliák kategóriái és néhány statisztikai jellemzőjük Magyarországon. A tanulmány célkitűzése egyidejű havonkénti hőmérséklet- és csapadékanomáliák meghatározása Magyarországon (adott állomások havi és évi közép-hőmérsékleteinek, valamint csapadékösszegeinek területi átlagértékei alapján), kategorizálásuk, s e kategóriák egymáshoz kapcsolódása mértékének statisztikai elemzése. Vizsgálataink szerint az egyes kategóriák havi gyakorisági értékei eltérőknek mutatkoznak; a kategóriák ismétlődési tartamának gyakorisági eloszlása, csakúgy, mint az ismétlődések átlagos hosszúsága egymástól független események következményeinek adódtak.

✱

A tanulmány célja egyidejű havonkénti hőmérséklet- és csapadékanomáliák meghatározása Magyarország területére, azok kategorizálása, s a kategóriák egymáshoz kapcsolódása mértékének statisztikai elemzése. A feldolgozás alapját 10 magyarországi megfigyelőállomás (Szombathely, Keszthely, Magyaróvár, Pécs, Kalocsa, Budapest, Szeged, Eger, Túrkeve, Nyíregyháza) havi és évi csapadékösszegeinek az ország egész területére értelmezett átlagértékei (Péczy, G. 1974.), illetőleg 6 állomás (Keszthely, Magyaróvár, Pécs, Budapest, Szeged, Debrecen) havi és évi középhőmérsékleteinek idősoraiból előállított területi átlagok képezték. Az idősorok az 1871–1980 közötti 110 évre vonatkoznak, tehát egyenként 1320 hónap átlagértékeit tartalmazzák, melyek statisztikai jellemzőit (átlag, szórás, variancia- és szimmetriatényező) az I. táblázat közli.

Az említett idősorok mindegyikéhez az átlagtól vett eltéréseket, anomáliákat kapsoltuk. Ennek alapján csapadékos és száraz, illetőleg meleg és hideg időszakokat különböztettünk meg. Majd a két idősorhoz tartozó anomáliák együttes bekövetkezései szerint 4 anomáliakategóriát határoztunk meg: csapadékos-meleg (1), csapadékos-hideg (2), száraz-meleg (3) és száraz-hideg (4).

Ezután meghatároztuk az anomáliakategóriák havi, ill. évi (110–110 hónap), valamint a megfigyelések kezdetétől folyamatában tekintett (1320 hó-

nap) ismétlődéseinek számát és gyakorisági értékeit. (Egy ismétlődésen az egymást követő hónapokban, ill. években fennálló anomáliakategória megszakítatlan sorozatát értjük.) Az egyes kategóriák ismétlődéseinek száma és gyakorisági értékei nem tartalmazzák az alapul vett hónapok első és utolsó ismétlődéseit, mivel sorozatuk terjedelme ismeretlen.

Vizsgálati módszer

Az ilymódon összeállított anyag elemzése két fő szempont szerint történt. Megvizsgáltuk, hogy az egyes anomáliakategóriák ismétlődéseinek empirikus gyakorisági eloszlása mennyiben felel meg bizonyos elméleti feltevéseknek, valamint meghatároztuk és statisztikailag értékeltük az ismétlődések havonkénti átlagos hosszúságait (Péczeley, G. 1957, 1975).

Először azt célszerű megvizsgálni, hogy a kapott empirikus gyakorisági eloszlás az egyes anomáliakategóriák teljesen véletlenszerű egymásra következőséből adódott-e? E kérdést úgy döntjük el, hogy az egyes anomáliakategóriák függetlenségének föltételezése esetén érvényes összefüggésekkel meghatározzuk az ismétlődések gyakorisági értékeit, majd alkalmas statisztikai próbával az empirikus és elméleti értékeket összehasonlítjuk. A rendelkezésre álló idősorok statisztikai elemzésekor az egyes hónapokhoz, ill. évekhez mindössze két eseményt rendelünk hozzá: az i anomáliakategóriát ($i = 1, 2, 3, 4$) és annak ellentettjét, i -t. Vizsgálatainkban tehát 4 különböző alternatív eseményrendszert tekintettünk. i valószínűségét jelölje p_i , i -ét $q_i = 1 - p_i$. Ha a hónapok, ill. évek száma N , az egyes anomáliakategóriák gyakorisági értékei ismeretében azok előfordulási valószínűsége becsülhető:

$$p_i \approx \frac{i \text{ anomáliakategória gyakorisága}}{N} \quad i = 1, 2, 3, 4$$

I. TÁBLÁZAT - TABLE I

A csapadék és a hőmérséklet havi és évi összegeiből képzett területi átlagértékek - statisztikai jellemzői (\bar{x} az átlag, σ a szórás, c_v a variancia tényező, c_s a szimmetria tényező) Magyarországon, 1871-1980

Statistical characteristics of regional averages made from monthly and annual precipitation amounts and mean temperatures [mean (\bar{x}), standard deviation (σ), variation coefficient (c_v), symmetry coefficient (c_s) in Hungary, 1871-1980]

	\bar{x} (mm)	σ	c_v	c_s	\bar{x} (°C)	σ	c_v	c_s
	Csapadék - Precipitation				Hőmérséklet - Temperature			
Jan.	33,691	16,015	0,475	0,484	-1,579	2,854	-1,807	0,401
Feb.	32,136	19,279	0,600	0,823	0,450	2,837	6,303	-0,858
Márc.	37,591	19,691	0,524	0,742	5,359	2,191	0,409	-0,322
Ápr.	51,409	23,673	0,461	0,776	10,821	1,662	0,154	0,232
Máj.	66,027	26,757	0,405	0,354	15,730	1,663	0,106	-0,024
Jún.	74,855	25,934	0,347	0,286	19,183	1,355	0,070	0,277
Júl.	65,800	27,429	0,417	0,614	21,173	1,259	0,060	0,115
Aug.	61,046	26,873	0,440	0,991	20,408	1,279	0,063	0,241
Szept.	49,700	24,896	0,501	0,544	16,447	1,526	0,093	-0,280
Okt.	54,173	32,856	0,607	0,527	10,960	1,721	0,157	0,413
Nov.	53,273	29,090	0,546	0,616	5,044	2,053	0,407	-0,207
Dec.	44,064	20,853	0,473	0,688	0,536	2,483	4,638	-0,931
Év	623,927	89,899	0,144	0,182	10,358	0,693	0,067	-0,198

Az események függetlenségét feltételezve kapjuk, hogy az i és i alternatív események összes ismétlődéseinek átlagos száma:

$$I_i = I_{\bar{i}} = Nq_i p_i \quad (1)$$

Az ismétlődések tartamának eloszlásfüggvényei függetlenség esetén:

$$p_n(i) = q_i p_i^{n-1} \quad (2/a)$$

$$p_n(\bar{i}) = p_i q_i^{n-1} \quad (2/b)$$

és az idősorban létrejövő pontosan n hosszúságú ismétlődések gyakorisága (1), (2/a) és (2/b) alapján:

$$G_n(i) = Nq_i^2 p_i^n$$

$$G_n(\bar{i}) = Np_i^2 q_i^n$$

(Péczeley, G. 1957, 1975; Teich, M. 1974).

Az empirikus gyakorisági eloszlásokat összevetettük az elméleti eloszlásfüggvények segítségével meghatározott gyakorisági eloszlásokkal, s az illeszkedést χ^2 próbával ellenőriztük. Ha számításainkban χ^2 értéke nagyobbak adódott, mint a választott valószínűségi szinthez tartozó χ^2 elméleti határérték, akkor a választott valószínűségi szintnél kisebb annak a valószínűsége, hogy az összehasonlított gyakorisági idősorok azonos eloszlású alapsokaságokból származnak. Ilyen esetekben az empirikus gyakorisági eloszlást olyan matematikai modellel célszerű közelíteni, amely figyelembe veszi az események egymáshoz való kapcsolódását is. Erre a Markov-láncok elmélete ad módszert.

A továbbiakban feltételezzük, hogy az egyes anomáliakategóriák homogén Markov-láncnak tekinthetők.

A kiszámítandó átmenetvalószínűségek és a hozzájuk tartozó események:

i anomáliakategóriájú hónapra i kategóriájú következik;

valószínűsége legyen λ_i ($i = 1, 2, 3, 4$);

i anomáliakategóriájú hónapra i kategóriájú következik;

valószínűsége legyen $\bar{\lambda}_i = 1 - \lambda_i$ ($i = 1, 2, 3, 4$);

Az empirikus adatokból λ_i értéke meghatározható:

$$\bar{\lambda}_i = \frac{i \text{ anomáliakategóriájú ismétlődések száma;}}{i \text{ anomáliakategóriájú hónapok száma}}$$

$$i = 1, 2, 3, 4$$

A fenti átmenetvalószínűségek ismeretében annak valószínűsége, hogy ha kezdetben i anomáliakategóriájú hónap lépett fel, és utána i pontosan $n-1$ -szer ismétlődött, majd n alkalommal \bar{i} következett be:

$$p_n(i, \bar{i}) = \lambda_i \bar{\lambda}_i^{n-1}; \text{ ahol } \bar{\lambda}_i = 1 - \lambda_i;$$

$$i = 1, 2, 3, 4; \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

Ha az így kapott valószínűségeket megszorozzuk az i anomáliakategóriájú ($i = 1, 2, 3, 4$) ismétlődések számával, akkor a pontosan n hónap tartalmú ($n = 1, 2, 3, \dots$) ismétlődések számát kapjuk. Vagyis a homogén Markov-láncot képező ismétlődések gyakorisági eloszlását előállíthatjuk.

Az ismétlődések halmazának jellemzésére szolgáló egyik legegyszerűbben

és legkönnyebben előállítható jellemszám az ismétlődések átlagos hosszúsága. Jelölje A_i az i anomáliakategóriájú ismétlődések függetlenség esetén adódó átlagos hosszúságát. Belátható, hogy

$$A_i = \frac{1}{p_i} ; \text{ ahol } \bar{p}_i = 1 - p_i ; i = 1, 2, 3, 4.$$

Legyen A'_i az i anomáliakategóriájú ismétlődések empirikusan meghatározott átlagos hosszúsága. Ekkor:

$$A'_i = \frac{i \text{ anomáliakategóriájú hónapok száma}}{i \text{ anomáliakategóriájú ismétlődések száma}} = \frac{1}{\lambda_i} ;$$

$$i = 1, 2, 3, 4$$

Az $\frac{A_i}{A'_i} = \frac{p_i}{\lambda_i}$ ($\bar{p}_i = 1 - p_i ; i = 1, 2, 3, 4$) hányados alkalmas annak eldöntésére,

hogy az i anomáliakategóriájú ismétlődések empirikusan meghatározott A'_i átlagos hosszúsága csak véletlen ingadozások következtében tér-e el A_i -től, az ismétlődéseknek az események függetlensége melletti átlagos hosszúságától. A függetlenségi intervallum határait a

$$\frac{\bar{p}_i}{p_i \pm d \cdot \sqrt{\frac{p_i \bar{p}_i}{N}}} ; \bar{p}_i = 1 - p_i ; i = 1, 2, 3, 4$$

összefüggések szolgáltatják, ahol d értéke a választott valószínűségi szinttől függ. Ha a hányados értéke kívül esik a függetlenségi intervallum határain, akkor csak a választott valószínűségi szintnél kisebb valószínűséggel teljeshülhet az $A' = A$ egyenlőség.

Eredmények

Az egyes anomáliakategóriák alapvalószínűségeit (II. táblázat) tekintve megállapítható, hogy a száraz-meleg (3) anomáliakategória bekövetkezése nemcsak öt hónap (március, április, augusztus, szeptember, október) során,

II. TÁBLÁZAT – TABLE II

Az egyes i anomáliakategóriák p_i alapvalószínűségei ($i = 1, 2, 3, 4$), 1871–1980
The p_i basic probabilities of the single i anomaly category ($i = 1, 2, 3, 4$), 1871–1980

	p_1	p_2	p_3	p_4		p_1	p_2	p_3	p_4
Jan.	0,269	0,232	0,232	0,269	Aug.	0,115	0,317	0,356	0,212
Feb.	0,306	0,139	0,296	0,259	Szept.	0,210	0,257	0,333	0,200
Márc.	0,224	0,234	0,336	0,206	Okt.	0,213	0,194	0,333	0,259
Ápr.	0,120	0,306	0,352	0,222	Nov.	0,278	0,157	0,278	0,287
Máj.	0,130	0,352	0,343	0,175	Dec.	0,306	0,120	0,269	0,306
Jun.	0,208	0,302	0,264	0,226	Év	0,213	0,278	0,306	0,204
Jul.	0,181	0,324	0,295	0,200	Hónap Σ	0,209	0,248	0,304	0,240

hanem az évi idősort és a folyamatában tekintett (1871-től 1980-ig terjedő) 1320 hónapot alapul véve is a legvalószínűbb. Május, június és július hónapokban viszont a csapadékos-hideg (2) anomáliakategória jellemző.

A havi csapadékösszegek és középhőmérsékletek területi átlagértékeit korrelálva április, május, július, augusztus és szeptember hónapokban statisztikailag reális, ellentétes kapcsolatot figyelhetünk meg a 0,1%-os valószínűségi szinten. Ez a csapadékos-hideg (2), ill. a száraz-meleg (3) anomáliakategória nyári félévi túlsúlyából adódik. A téli félévben e kapcsolat elmosódottá válik (III. táblázat).

III. TÁBLÁZAT – TABLE III

A csapadékösszegek és középhőmérsékletek területi átlagértékei közötti korrelációs együtthatók, 1871 – 1880

Correlation coefficients between the regional averages of precipitation amounts and mean temperatures, 1871 – 1880

Jan.	0,024	Ápr.	-0,447	Júl.	-0,511	Okt.	0,267
Feb.	0,105	Máj.	-0,465	Aug.	-0,461	Nov.	0,129
Már.	-0,119	Jún.	-0,249	Szept.	-0,376	Dec.	0,241
						Év	0,214

Tetszőleges anomáliakategória ismétlődésének valószínűsége adott hónapot követő hónapban (IV. táblázat) jellegzetes évi menetet mutat. Értéke legnagyobb januárról februárra (ez elsősorban a csapadékos-meleg (1) anomáliakategória nagyobb gyakoriságból adódik), valamint februárról márciusra, ill. júliusról augusztusra. Utóbbi esetekben főként a száraz-meleg (3) kategória gyakori ismétlődése miatt. Ezzel szemben az átmeneti évszakok hónapjaira az említett ismétlődés kisebb gyakorisággal következik be, ennél fogva valószí-

IV. TÁBLÁZAT – TABLE IV

Tetszőleges anomáliakategória ismétlődésének valószínűsége adott hónapot követő hónapban

Probabilities of recurrences of any anomaly categories in a given month following the earlier one

I → II	II → III	III → IV	IV → V	V → VI	VI → VII
0,382	0,382	0,273	0,291	0,327	0,355
VII → VIII	VIII → IX	IX → X	X → XI	XI → XII	XII → I.
0,391	0,346	0,336	0,300	0,282	0,327

núsége is kisebb. Az i anomáliakategóriának ($i=1, 2, 3, 4$) adott hónapot követő hónapban előforduló ismétlődése relatív gyakoriságát meghatároztuk, majd a k -ból a $k+1$. hónapba való átmenet oszlopaiban ($k=1, 2, \dots, 12$) megjelöltük azok 0,4-et, mint választott küszöbértéket meghaladó legnagyobb értékeit (V. táblázat). Ezek szerint júniusról júliusra a csapadékos-hideg (2), júliusról augusztusra és augusztusról szeptemberre a száraz-meleg (3) anomáliakategória megmaradásának relatív gyakorisága a legnagyobb, összhangban a II. és III. táblázat következtetéseivel. Októberről novemberre, decemberről januárra és januárról februárra a csapadékos-meleg (1) kategória (földközti-tengeri hatás), míg februárról márciusra a száraz-meleg (3), és novemberről decemberre a száraz-hideg (4) anomáliakategória (kontinentális hatás) ismétlődésének van a legnagyobb relatív gyakorisága.

Az egyes anomáliakategóriák havi empirikus gyakorisági értékeit elemezve tendenciaként megfigyelhető a csapadékos-hideg (2) és a száraz-meleg (3) kategória ismétlődési tartamának elsősorban nyári félévi megnövekedése. Azt eldöntendő, hogy ez szisztematikus jelenség-e, vagy csupán az események véletlen egymásra következéséből származik, meghatároztuk az ismétlődések tartamának a p_i és $q_i = 1 - p_i$; ($i = 1, 2, 3, 4$) segítségével előállított, az események függetlensége mellett adódó gyakorisági eloszlásait. Majd a χ^2 próbával ellenőriztük annak lehetőségét, hogy e két eloszlás tekinthető-e egyazon eloszlású alaphalmazból vett minták eloszlásának. Eredményül azt kaptuk, hogy egy kivétellel mindenkor legalább 10% a 0-hipotézis (tehát a minták azonos

V. TÁBLÁZAT – TABLE I

Az i anomáliakategória ($i = 1, 2, 3, 4$) ismétlődésének relatív gyakorisága adott hónapot követő hónapban
Relative frequency of recurrence of the i anomaly category ($i = 1, 2, 3, 4$) in a given month following the earlier one

I→II	II→III	III→IV	IV→V	V→VI	VI→VII	
1→1	0,483	0,324	0,115	0,231	0,286	0,273
2→2	0,269	0,400	0,346	0,382	0,342	0,500
3→3	0,440	0,546	0,371	0,316	0,378	0,393
4→4	0,333	0,250	0,217	0,160	0,238	0,167

VII→VIII	VIII→IX	IX→X	X→XI	XI→XII	XII→I	
1→1	0,053	0,417	0,318	0,435	0,267	0,438
2→2	0,400	0,242	0,296	0,261	0,053	0,308
3→3	0,600	0,447	0,389	0,222	0,233	0,241
4→4	0,333	0,296	0,320	0,321	0,484	0,324

eloszlású alapsokaságból való származásának) teljesebbi valószínűsége. A legtöbb esetben 90% körüli közelítést kaptunk. Csúpan a folyamatában (1871-től 1980-ig) tekintett, 1320 hónapot felölelő mintára vonatkozó számítás adott alig 2%-ot meghaladó valószínűséget a 0-hipotézis teljesebbi valószínűsége. Ezek alapján megállapíthatjuk, hogy az ismétlődések tartamának empirikus gyakorisági eloszlása – az említett eset kivételével – nem mond ellent a függetlenségi hipotézisnek.

A továbbiakban meghatároztuk az ismétlődések tartamának a homogén Markov-láncok feltételeit kielégítő gyakorisági eloszlását, melyet a λ_i ($i = 1, 2, 3, 4$) átmenetvalószínűségek segítségével kaptunk meg. A χ^2 próba eredményeként az adódott, hogy az ismétlődések tartamának imént feltételezett és valódi empirikus gyakorisági eloszlása nagy valószínűséggel tekinthető azonos eloszlású alapsokaságból származó mintáknak. Figyelembe véve azonban, hogy a homogén Markov-láncok feltételeinél a függetlenségi hipotézis több alkalommal nem adott gyengébb közelítést, az ismétlődések tartamának empirikus gyakorisági eloszlása a fentiekkel összhangban egymástól független események következményeinek tekinthető.

Az ismétlődések tényleges és függetlenség melletti átlagos hosszúságának viszonyát az A'_i/A_i ($i = 1, 2, 3, 4$) hányadossal fejeztük ki. A függetlenségi intervallum határait szolgáltató összefüggésben a $d = 3$ értékkel számoltunk, mely az $\varepsilon = 0,27\%$ valószínűségi szinthez tartozik. Számításaink szerint az A'_i/A_i

hányados értéke február, március és április hónapokban (csapadékos-meleg (1) anomáliakategória), valamint júniusban (száraz-hideg (4) anomáliakategória) kisebb a függetlenségi intervallum alsó határánál. Az évi idősor szerint a csapadékos-hideg (2) kategóriára, továbbá a folyamatában tekintett (1871-től 1980-ig tartó) 1320 hónapot figyelembe véve minden egyes anomáliakategóriára e hányados értéke meghaladta a függetlenségi intervallum felső határát. Ezért az említett esetekben minimális (0,27%-nál kisebb) annak a valószínűsége, hogy a fenti anomáliakategóriák ismétlődésének átlagos hosszúsága egymástól független események következménye. Az összes többi esetben a függetlenségi hipotézis fenntartható, vagyis az ismétlődések átlagos hosszúsága nem mind ellent az egyes kategóriák egymásra következése véletlenszerű kapcsolódásának.

Összegezve megállapíthatjuk, hogy a száraz-meleg (3) és a csapadékos-hideg (2) anomáliakategóriák a nyári félévben túlsúlyba kerülnek. Ugyanezeknek a nyári félév adott hónapot követő hónapjában megmaradása relatív gyakorisága is a legnagyobb; viszont ismétlődési tartamuk empirikus gyakorisági eloszlása egymástól független események következményei, csakúgy, mint az említett néhány kivételt nemtekintve minden egyes anomáliakategória átlagos hosszúsága is.

IRODALOM

- Péczely G., 1957: Tartamvalószínűségek vizsgálata. *Időjárás* 4, 245–252.
- Péczely, G., 1974: A Statistical Investigation on the Secular Precipitation Series of Hungary. *Acta Climatologica*, Szeged. Tom. XIII., 3–14.
- Péczely G., 1975: Havi csapadékösszegek idősorainak néhány statisztikai sajátossága Magyarországon. *Időjárás* 3, 144–152.
- Teich, M., 1974: Statistische Untersuchung zur Vorhersagbarkeit monatlicher Temperaturanomalien. *Időjárás* (78. évf.) 140–154.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 87. évf. 4. szám. 1983. július – augusztus
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 87. No 4. July – Aug. 1983. Budapest

A hőmérséklet és a relatív nedvesség együttes gyakorisági értékeinek közelítéséről

VÉRTESEY MÁRIA, Központi Meteorológiai Intézet, H-1525 Budapest. Pf. 38.

Approximation of two-dimensional relative frequency of air temperature and relative humidity. The aim of the study is the estimation of combined empirical relative frequency of the air temperature and relative humidity by theoretical function. The examination has been done by using the density function of modified two-dimensional lognormal distribution. In order to prove a model for empirical frequency, goodness-of-fit has been studied on the basis of 10 years hourly value of 5 stations and 50 years hourly data of 1 station. The probability density function of the two-dimensional lognormal distribution has been found to give good fits to empirical combined frequency of the two-element for yearly cycle and for a winter and summer season.

✱

A hőmérséklet és a relatív nedvesség együttes gyakorisági értékeinek közelítéséről. A szerző célja a hőmérséklet és relatív légnedvesség együttes tapasztalati értékeinek közelítése elméleti függvénnyel. Vizsgálatai a során a módosított kétdimenziós lognormál eloszlás sűrűségfüggvényét alkalmazza. 5 állomás 10 évi, illetve 1 állomás 50 évi óraértékeiből előállított kétváltozós tapasztalati és a számított hisztogramok eltéréseinek elemzése azt bizonyítja, hogy a modellel jól becsülhető mind az éves időszakokra mind a téli és nyári fél-évre a hőmérséklet és relatív nedvesség együttes gyakorisága.

✱

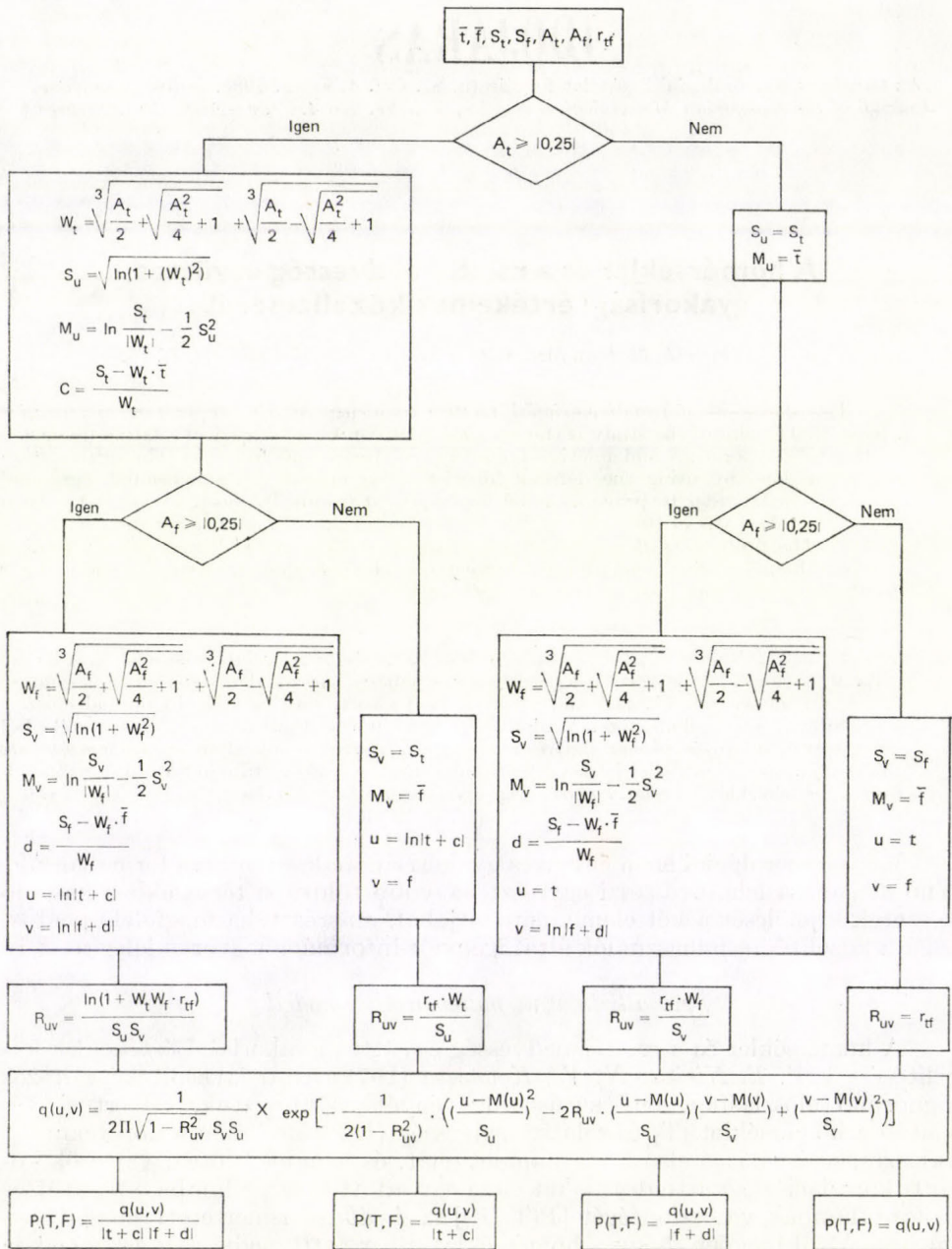
Két meteorológiai elem együttes gyakoriságának analitikus formában történő megadása lehetővé teszi egyrészt nagyobb földrajzi térségekben hasonló körzetek kijelölését a két elem szempontjából, másrészt, ha megfelelő pontosságú a közelítés, a felhasználók által igényelt információk gyors kielégítését is.

Az alkalmazott matematikai modell

A hőmérséklet és a relatív nedvesség együttes gyakorisági értékeinek közelítésére a *V. E. Nicisz–N. V., Kobüseva (1977)* által javasolt kétváltozós lognormál eloszlásfüggvény sűrűségfüggvényét alkalmaztuk. Ismertnek tekintve a hőmérséklet (T) és relatív nedvesség (F) mint külön-külön tekintett valószínűségi változó első 3–3 momentumát, és a valószínűségi változók közötti korrelációs együtthatót, a két elem egy adott intervallumba eső együttes előfordulásának valószínűségét $[P(T, F)]$ az *1. ábrán* ismertetett módon számítjuk. Attól függően, hogy a hőmérséklet, ill. relatív nedvesség aszimmetria együtthatója egyenlő vagy meghalad egy kritikus értéket $|0,25|$, ill. ennél az értéknél kisebb, négy egymástól eltérő eljárást kell alkalmaznunk (l. 1. ábra).

A feldolgozás adatbázisa

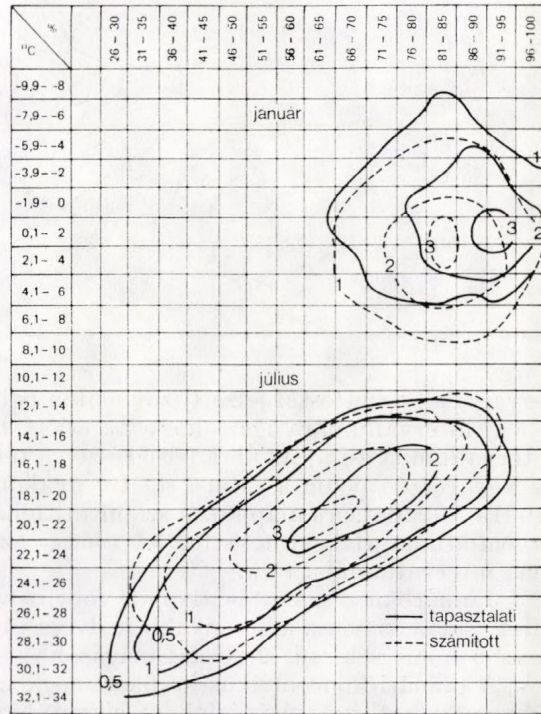
Az előbbieken ismertetett módon 5 állomásra – Szeged, Pécs, Debrecen, Szombathely, Budapest – számítottuk ki az együttes előfordulás való-



1. ábra. Blokk-diagram a hőmérséklet – relatív nedvesség együttes gyakorisági értékeinek számítására: \bar{t} – az empirikus hőmérsékleti adatok normált számtani közepe; \bar{f} – az empirikus nedvességadatok normált számtani közepe; S_t – a hőmérséklet empirikus normált szórásnégyzete; S_f – a relatív nedvesség empirikus normált szórásnégyzete; A_t – a hőmérséklet empirikus aszimmetria együtthatója; A_f – a relatív nedvesség empirikus aszimmetria együtthatója; r_{tf} – a hőmérséklet és relatív nedvesség közötti korrelációs együttható; W_t, S_u, M_u, c, u – a log-normál cioszlás számított paraméterei (a hőmérsékleti adatsor momentumaiból számított érté-

színűségi értékeit $5^{\circ}\text{C}-10\%$, és $2^{\circ}\text{C}-5\%$ intervallumközökre, havonkénti, ill. évi bontásban. A számítások során felhasznált 7 input adat (Wágner M. 1978) – a két elem külön-külön számított átlaga, szórásnégyzete, aszimmetria együtthatója és a két elem közötti korrelációs együttható – 10 év óránkénti megfigyelési során alapul. A budapesti állomásra az 50 évi (1921–70) adatsorból nyert paraméterekkel is elvégeztük a vizsgálatokat. Az egyes hónapokra a 10 évi adatsor alapján átlagban 7000 (31 napos hónapokban 7440,

2. ábra. A hőmérséklet és relatív nedvesség ($2^{\circ}\text{C} - 5\%$ intervallumokra meghatározott) együttes relatív gyakoriságának izovonalai. Budapest, 1921–1970, január, július



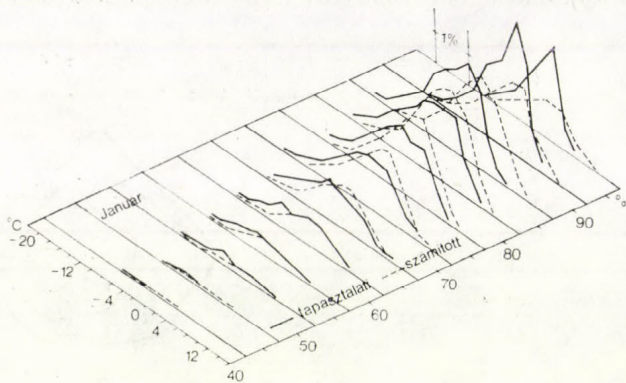
30 napos hónapokban 7200, februárban 6768), az évben pedig 87 648 esetből állott a statisztikai minta, az 50 éves időszakban pedig – a havonkénti értékeket 37 200, ill. az évre vonatkozó paramétereket 876 000 minta alapján számították. A számítások eredményét Budapest és Szeged példáján mutatjuk be.

A kétdimenziós lognormál-eloszlás sűrűségfüggvényével számított adatok eltérése a tapasztalati adatoktól

A számításainkkal kapott felületeket és ezek illeszkedését a megfelelő kétváltozós empirikus hisztogramokhoz grafikus formában mutatjuk be. A szaggatott izovonalakat a számított felület azonos valószínűségi értékeit ösz-

ke); W_t , S_v , $M_{,v}$, d , v – a lognormál eloszlás számított paraméterei (relatív nedvesség adatsorának momentumaiból számított értékek); R_{uv} – módosított korrelációs együttható; t és f – a megfelelő hőmérséklet ill. relatív nedvesség intervallum, értékközszélességgel normált középértéke; $q(uv) - u$ és v változók normál eloszlásának sűrűségfüggvénye; $P(T, F)$ – a hőmérséklet (T) és relatív nedvesség (F) adott intervallumba eső együttes előfordulásának gyakorisága

szekítő görbéinek síkra merőleges vetítésével állítottuk elő. Hasonlóképpen végeztük el a transzformációt az empirikus hisztogramokra, az így kapott izovonalakat pedig folytonos vonallal jelöltük. A 2. ábra szemlélteti a hőmérséklet és relatív nedvesség 2 °C – 5% intervallumokra meghatározott együttes sűrűségét, valamint a számított és a tapasztalati értékek illeszkedését. (Meg-

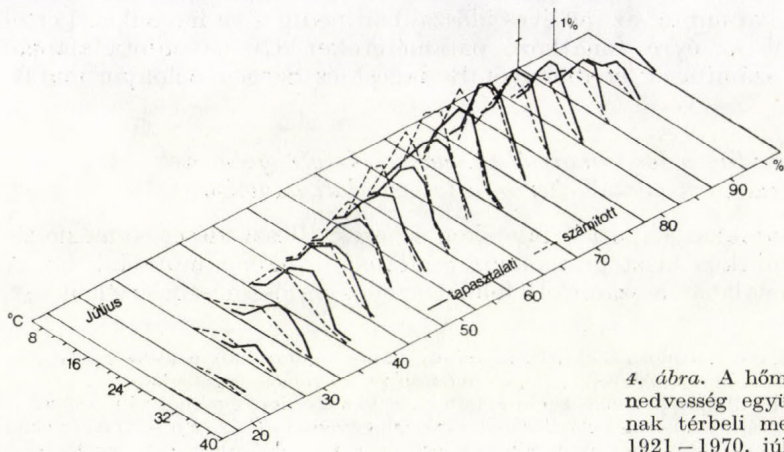


3. ábra. A hőmérséklet és relatív nedvesség együttes relatív gyakoriságának térbeli metszete. Budapest, 1921 – 1970., január

jegyzés: pl. a kettessel jelzett izovonalon belüli tartomány valamennyi 2 °C – 5% intervallumára igaz, hogy az adott hónap óráinak legalább 2%-a az intervallumba esik.) Az ábra felső részén a téli hónapokat reprezentáló januári, az alsó részén pedig a júliusi relatív gyakoriságok láthatók Budapest 50 évi (1921 – 70) adatsora alapján. A számított felület alakja mindkét esetben követi az empirikus alakzatot, a felület csúcsa azonban az értelmezési tartomány más intervallumába esik.

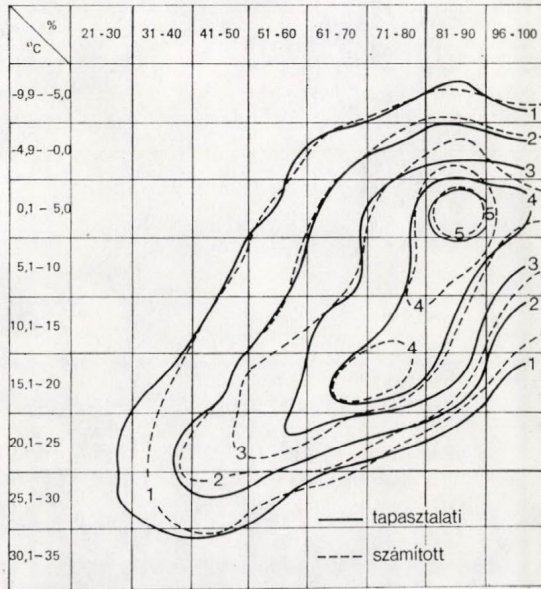
Januárban a számítás alapján vont izovonalak, valamint a számított felület csúcsa kissé az alacsonyabb nedvességtartalmú (10%-kal kisebb) és magasabb hőmérsékletű (2 °C-kal magasabb) tartomány felé tolódik el.

A januári koncentrikus köröket megközelítő izovonalakkal ellentétben a júliusra vonatkozó sűrűségfelület síkvetülete elnyújtott, ellipszishez hasonló formájú. A számított maximum a tapasztalatiól itt is eltolódik az értelmezési



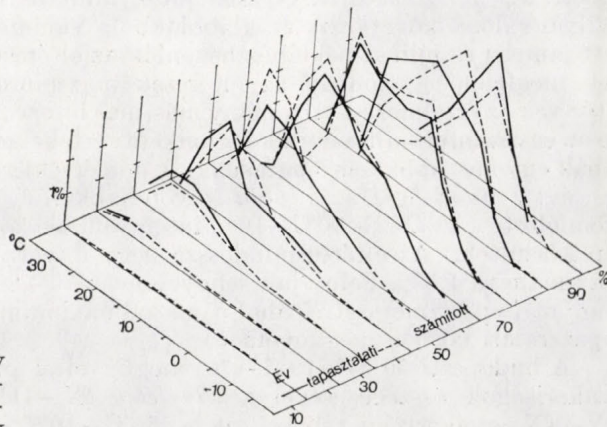
4. ábra. A hőmérséklet és relatív nedvesség együttes gyakoriságának térbeli metszete. Budapest, 1921 – 1970. július

tartomány 10%-kal alacsonyabb, 2 °C-kal melegebb intervallumába. Januárban a (-2 - +6) °C és 70-90% relatív nedvességű tartományban a számított értékek meghaladják, míg a 90-100% relatív nedvességű tartományban különösen a 0-5 °C hőmérséklet esetén nem érik el a tapasztalati értékeket. A különbség azonban a legnagyobb eltérést képviselő intervallumban sem nagyobb, mint 1,9% (14 óra).



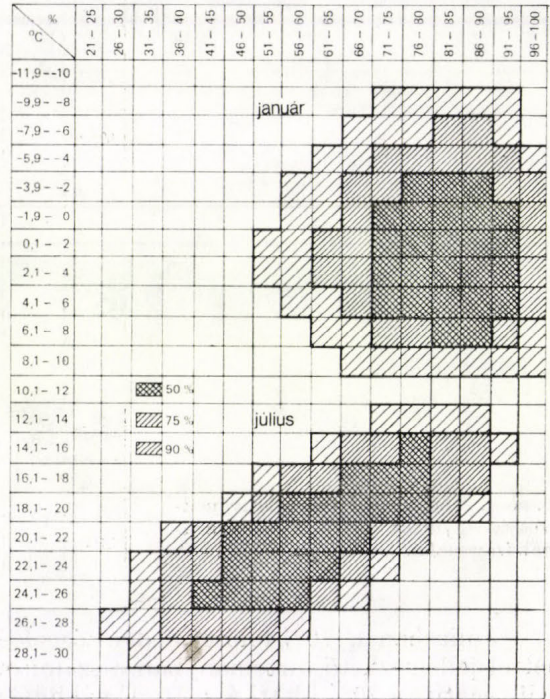
5. ábra. A hőmérséklet és relatív nedvesség együttes relatív gyakoriságának izovonalai. Budapest, 1921-1970. Év

Júliusban a 70% fölötti nedvességgel és 16 °C-nál melegebb hőmérséklettel jellemezhető tartományban a számított értékek eltérése a tapasztalati-tól negatív, a 70% alatti és a 16 °C-nál hűvösebb tartományban pedig pozitív. A maximális eltérés 0,8%, nem éri el a 6 órát. Ez egy intervallumban fordul elő. E két hónapra vonatkozó sűrűségfelület térbeli metszeteit a 3. és 4. ábra szemlélteti.



6. ábra. A hőmérséklet és relatív nedvesség együttes relatív gyakoriságának térbeli metszetei. Budapest, 1921-1970. Év

Az évre vonatkozó gyakoriságokat két módon állítottuk elő. Megkíséreltük az együttes eloszlás valószínűségi értékeinek számítását úgy, hogy kiinduló adatokként az adott állomásra az összes óraértékből számított paramétereket vettük. Az így nyert felület – mint ez a két elem külön-külön vett, határozott évi menetének ismeretében várható is volt – erősen torzult az empirikushoz képest. Ha azonban először az egyes hónapokra külön-külön végezzük



7. ábra. A számított relatív gyakoriságok 50%, 75%, 90%-át magában foglaló tartományok. Budapest, 1921–1970. január, július

el a számítást, majd a havonkénti értékek intervallumonkénti összegezésével adjuk meg az évi gyakoriságokat, a kapott értékek jól közelítik a tapasztalatiakat. Ez a közelítés lényegesen jobb, mint bármelyik hónap esetében. Ez nyilvánvalóan következik az alábbiakból: Valamennyi hónapban az ismertett januári és júliusi példához hasonlóak az eltérések. A két elem évi menetének megfelelően azonban az eltérések maximuma, a negatív és a pozitív eltérések az értelmezési tartomány más-más intervallumára esnek, így összegezve az egyes intervallumokra a havonkénti értékeket, a hónaponként előforduló hibák egymást csökkentő hatásúak. A hőmérséklet és relatív nedvesség együttes, évi gyakoriságát az 5. ábra izovonalakkal, a 6. ábra térbeli metszetekkel szemlélteti. (Az ábrák 5 °C–10% intervallumközökre számított értékek alapján készültek.) Az eltérés mindössze négy intervallumban lépi túl az 1%-ot, maximálisan 1,5%. Felhívjuk a figyelmet a 70–80% relatív nedvesség tartományra kapott metszetre, ahol a másodmaximum mind a számított, mind a tapasztalati görbén megfigyelhető.

A budapesti 50 évi (1921–70) megfigyelési anyagból előállítottuk a havi gyakoriságok összegezésével a *téli félév* (X–III), valamint a *nyári félév* (IV–IX) gyakorisági táblázatait is, 5 °C–10% intervallumközökre. Ezeket

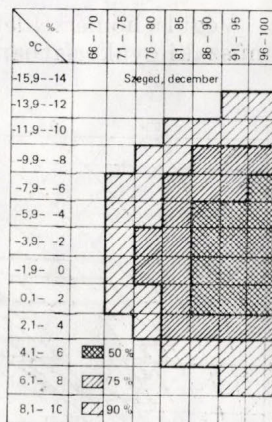
összehasonlítva a tapasztalati értékekkel, a következő eredményt kaptuk. Az eltérés a nyári félévben a nagyobb, a legnagyobb eltérést képviselő intervallumban (20–25 °C – 50–60%) +3%, (15–20 °C – 80–90%) –3% a téli félévben a maximális pozitív eltérés 1,7% (78 óra), a 0–5 °C – 70–80% intervallumban, a maximális negatív eltérés –1,5% a 0–10 °C – 90–100% intervallumban lép fel.

A számított értékek eltérését a tapasztalatitól eddig csak egyes intervallumokra adtuk meg. Most néhány példán bemutatjuk, hogy bővebb értelmezési tartományt tekintve mekkora az eltérés.

A matematikai modellel számított (2 °C – 5%) értékek alapján határoltuk körbe azokat a tartományokat, melyekre az összegezett gyakoriságok értéke 50%, 75% ill. 90%. (Kiválasztottuk a maximális függvényértékeket, s ehhez adtuk hozzá rendre a következő legnagyobbat, míg elértük a kívánt 50%, 75% ill. 90%-ot. Így három tartományt jelöltünk ki: a számított relatív gyakoriságok a) 50%-ot felölelő, b) 75%-ot felölelő és c) 90%-ot felölelő tartományát.

A 7. ábra Budapestre (1921–70 január, július) mutatja be a fenti tartományokat, a 8. ábra pedig egy kirívóan nagy nedvesség aszimmetriájú ($A_T = -1,4$) hónapra (december, Szeged 1961–70). A számított értékek alapján így kijelölt tartományokra összegeztük a tapasztalati gyakoriságokat is. Az azonos tartományokon összegezett budapesti (1921–70) tapasztalati és számított relatív gyakoriságokat, ill. ezek eltérését az I. táblázatban adjuk meg. Látható, ha az esetek 50, illetve 75%-át magukban foglaló tartományokat a modell eredményei alapján határozzuk meg, a valóságosnál szűkebb tartományok adódnak. A torzulás a nyári hónapban nagyobb mértékű. Az esetek 90%-át magukban foglaló tartományok azonban mind januárban, mind júliusban fedik a ténylegeset.

A számított relatív gyakorisági értékek alapján Szegedre meghatározott három tartományra (8. ábra) nemcsak Szeged, hanem Budapest (1961–70) összegezett tapasztalati értékeit is megadjuk összehasonlítás céljából. Az összegezett tapasztalati értékek Szegedre: 52,1; 73,5; 87,1, Budapestre: 31,7; 56,1 és 73,1. A szegedi, tartományonként összegezett tapasztalati gyakoriságok összehasonlítása a szegedi számított, illetve a budapesti tapasztalati értékekkel a következőt mutatja. A szegedi számított értékek mindhárom esetben (50%, 75%, 90%-os tartomány) legfeljebb 3%-kal térnek el a tapasztalatitól, a buda-



8. ábra. A számított relatív gyakoriságok 50%, 75%, és 90%-át felölelő tartományok. Szeged, 1961–1970. december

I. TÁBLÁZAT

Azonos értelmezési tartományon összegezett tapasztalati és számított relatív gyakoriságok, s ezek eltérései Budapestben, 1921–1970

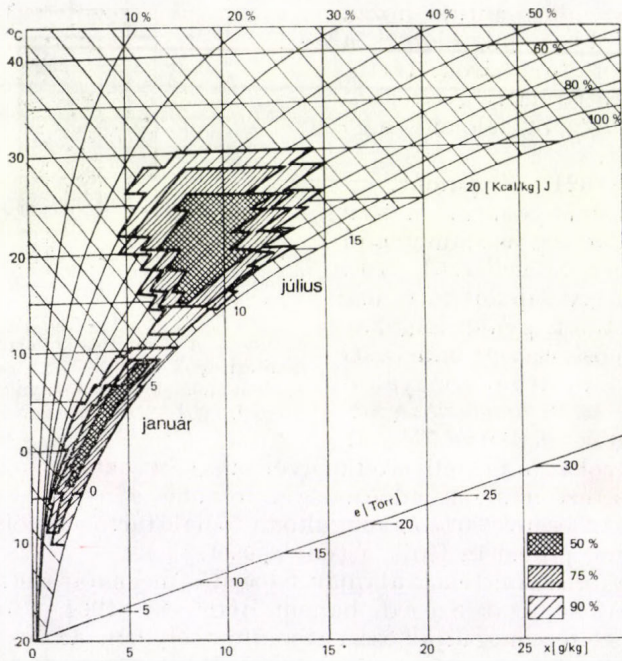
Budapest, 1921–1970	Január			Július		
	Számított (SZ)	51,7	75,4	90,0	51,5	76,8
Tapasztalati (T)	45,9	75,0	90,8	40,0	73,8	89,6
Δ (T–SZ)	–6,0	–0,4	0,8	–11,5	–3,0	0,0

pesti (1961–70) adatsor empirikus összegezett gyakoriságai 20,4; 17,4, ill. 14%-kal.

Ezekkel az adatokkal arra szeretnénk felhívni a figyelmet, hogy adott földrajzi helyre az ismertetett módszerrel számított értékek a tényleges gyakoriságok lényegesen jobb közelítését adják, mint egy másik állomás tapasztalati értékei. A bemutatott szegedi példa nem szélsőséges esetet képvisel.

A hőmérséklet és relatív nedvesség együttes gyakoriságának a gyakorlatban közvetlenül felhasználható ábrázolása

Végül a hőmérséklet—relatív nedvesség együttes gyakoriságát közvetlenül a műszaki gyakorlatban felhasználható ábrázolásban mutatjuk be a 9. ábrán.



9. ábra. Mollier-féle $i-x$ diagram. A hőmérséklet és a relatív nedvesség együttes gyakoriságának a gyakorlatban felhasználható ábrázolása. Budapest 1921–1970. évi adatai alapján

A Mollier-féle $i-x$ diagramon (W. Böer és G. Götschmann, 1963) a Budapest, 1921–70-es adatsorból számított júliusi és januári tartományokat tüntettük fel. A korszerű településtervezéshez pedig a két meteorológiai elem együttes gyakoriságának az Olgyay-féle diagramon (V. Olgyay, 1967) való ábrázolása nyújt segítséget. Az ismertetett matematikai eljárás alapján mindkét diagram gyorsan előállítható.

Összefoglalás

Eredményeink alapján megállapítjuk, hogy a hőmérséklet és a relatív nedvesség együttes gyakoriságának megadására — gyakorlati célokra is — a kétdimenziós lognormál eloszlás sűrűségfüggvénye alkalmas. Ezt a következőkkel bizonyítottuk:

1. Évre, félévre a modellel számított havi értékek összegei jól közelítik a tapasztalati adatokat.

2. Az egyes hónapokban előforduló hibák nagyságát, az eltérés várható tendenciáját, helyét meg tudjuk adni. A tervező feladata annak eldöntése, hogy adott szempontból a hiba mértéke kritikus-e vagy sem. Lehetőség van arra, hogy a hibát — más módszerrel — korrigáljuk.

3. A tervezési gyakorlatban jelenleg használatos legfrissebb kiadású kézikönyv (Légtechnikai adatok 1980) is csak Budapestre tartalmaz adatokat. A hőmérséklet és relatív nedvesség együttes gyakoriságának tapasztalati adatai más vizsgált állomás tapasztalati adataitól lényegesen jobban eltérnek, mint ahogy az illető állomásra számított és ott ténylegesen mért értékek egymástól eltérnek. Mindez azt jelenti, hogy a matematikai modellel jobb információ adható, mint amire a tervezések jelenleg hazánkban támaszkodnak.

A két elem gyakoriságára vonatkozó vizsgálatunk nem befejezett. Célunk a továbbiakban az együttes gyakoriság valószínűségi értékeinek előállítására a két meteorológiai elem átlagának ismeretében, lehetőséget teremtve ezzel a léghőmérséklet és relatív nedvesség együttes sűrűség-, ill. eloszlás függvényének előállítására a hosszú meteorológiai adatsorokat nélkülöző térségekre is.

IRODALOM

- Böer, W., Götschmann, G. 1963: Zweidimensionale Häufigkeitsverteilungen der Lufttemperatur und der Luftfeuchte als Darstellungen der klimatisehen Beanspruchungen technischer Erzeugnisse *Angewandte Meteorologie*, 4, 194–198.
- Légtechnikai adatok. 1980. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
- Nicisz, V. E. és Kobüseva, N. V., 1977: Raszcsotnij szpaszob opredelenyija klimaticseszkih karakterisztik temperaturno-vlaznosztnovo kompleksza. *Trudü GGO* 391. 3–9.
- Olgyay, V. 1967. Design with climate. Princeton University Press, New Jersey.
- Wágner M. 1978: A hőmérséklet és relatív nedvesség óraértékek gyakorisági eloszlásának néhány statisztikai jellemzője. Beszámoló az 1975-ben végzett tudományos kutatásokról. OMSZ Hiv. Kiadv. LXV. kötet, 268–275.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 87. évf. 4. szám 1983. július–augusztus
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 87. No. 4. July–Aug. 1983. Budapest

A széladatok felhasználása az időjárás helyzet analízisének rendszerében

RÁKÓCZI FERENC, *Eötvös Lóránd Tudományegyetem, H—1088 Budapest, Múzeum krt 6—8*

The use of wind data in the system of weather pattern analysis. The study is dealing with the theoretical problems of objective analysis, mostly with the consideration of the METEOSAT satellite data. After analyzing the given problem proposal is given for the topics and timing of the domestic researches on this field.

✱

A széladatok felhasználása az időjárás helyzet analízisének rendszerében. A tanulmány az objektív analízis elvi problémáival foglalkozik, különös tekintettel a METEOSAT mesterséges holdak információinak a figyelembevételére. A probléma elemzése után javaslatot tesz az e téren végrehajtandó hazai kutatások tematikájára és ütemére.

✱

Valamely meteorológiai elem numerikus analízisen azon térbeli-időbeli rendszerességek feltárását értjük, amely a térbeli-időben rendezetlen eloszlású kiindulási jelentésekben heterogén módon jelentkeznek. Ha a numerikus előrejelzésben maximális pontosságot igénylő célfüggvényekre törekszünk, akkor az analízist és a prognózist szigorúan variációs vagy optimalizációs feladatnak kell tekintenünk. A numerikus előrejelzés láncolatában a numerikus analízist egy technológiai lánc-sorozat viszonylag magától értendő tagjaként kell felfognunk, miközben az analízisnek az alábbi követelményt kell kielégítenie: a rendelkezésre álló kezdeti információt optimálisan kell kimeríteni és a prognózismodellhez adekvát módon felhasználni. E munkák elsősorban a szinoptikus skálájú geopotenciál-analízist tartják szem előtt és többnyire egy szűrővel ellátott regionális modellt használnak fel a probléma megoldására (Kluge et al. 1980).

Már több ízben bebizonyosodott, hogy a numerikus analízis és prognózis folyamatában hiányosságok és pontatlanságok lépnek fel a hagyományos információkkal rosszul ellátott körzetekben. Az aero-klimatológiai kutatások és az aero-szinoptikai vizsgálatok egyaránt azt mutatják, hogy az aerológiai hálózat állomás-sűrűsége még a hazai szinoptikusokat érdeklő körzetekben sem kielégítő. Ennek a bizonyítására az *I. táblázatban* Dobrisman nyomán (Rákóczi: Aerológia, 1976) bemutatjuk a szóbanforgó szinoptikus körzetekre vonatkozóan a P információ-sűrűség értékeit. Információ-sűrűsége (P) az 1 mill. km²-nyi területre eső rádiószondázó állomások számát szokás érteni. A $P=10$ értéket már kielégítőnek tartjuk. A táblázatból látható, hogy 14 olyan szinoptikus körzet található a hazai szolgálatban ez idő szerint használt térképben, ahol P értéke a kívánt ideális küszöb alatt marad. Ez pedig a körzetek

50%-át is meghaladja. Ha nem az európai-atlanti régiót tekintjük, akkor rosszabb a helyzet.

Ez a felismerés és a gyakorlati feladatok megoldásának a kudarcra vezette a kutatókat arra, hogy a hagyományos megfigyelések mellett kiegészítő információkat használjanak fel az analízis-prognózis rendszerben. Kiegészítő információk az alábbi szempontok figyelembevételével nyerhetők:

1. statisztikai módszerek (regressziós egyenletek) alkalmazása;
2. a nyomás és a hőmérséklet között fennálló kapcsolat figyelembevétele a bárikus formula alapján;
3. a geopotenciál számítása a szélmező adataiból;
4. empirikus hatásfüggvények figyelembevétele;
5. a hidrodinamikai prognózisok figyelembevétele;
6. klimatológiai információk felhasználása;
7. a dinamikus analízis felhasználása;
8. a mesterséges holdak információinak figyelembevétele.

A felsorolásból látható, hogy abban az esetben, ha a gyakorlati követelményeket kielégítő pontosságú analízis vagy prognózis a célunk, nem egyetlen információ-forrásra, hanem olyan információ-rendszerre kell támaszkodnunk, amelynek egyes tagjai merőben eltérő tartalommal és hibaforrással rendelkeznek. Ebből kifolyóan az analízis-prognózis folyamatot „kevert” információra támaszkodó, többféle hibaforrással terhelt, térbeli és időbeli aszimmetriát mutató eljárásnak kell tekinteni. Ezen a téren nincs egységesen kialakult álláspont, de az objektív analízis terén vannak biztató kísérletek: *Gandin* (1963), *Stahnke-Jungheim* (1978) a gyakorlat oldaláról, *Julian és Threbaux* (1975) pedig elméleti oldalról vizsgálta a kérdést.

A szél, mint kiegészítő információ

A korszerű előrejelző szolgálatban kiegészítő információk közül leggyakrabban a műholdas sugárzásmérésekből nyert relatív topográfákat (SATEM táviratokat), az előrejelzett adatokat, a TEMP B-rész széladatait és a geostationárius mesterséges holdak széladatait használják fel. *Kluge* (1970) kétséget kizáróan kimutatta, hogy a szélnek, mint a geopotenciálmező objektív analízise kiegészítő információjának az alkalmazása az analízisben jelentős javulásra vezet. A széladatok alkalmazásával az átlagos négyzetes hibák 20%-kal való csökkenését érhetjük el, különösen az adatokkal rosszul fedett területeken.

I. TÁBLÁZAT

A P információsűrűség értékei szinoptikus körzetenként

Körzetek	P	Körzetek	P	Körzetek	P
01	21,6	12	17,2	28	8,9
02	8,9	13	11,7	33	15,3
03	22,5	15	11,4	34	9,0
04	3,5	16	18,4	35	3,3
06	136,0	17	6,5	37	15,6
07	14,5	22	6,7	38	4,4
08	15,8	23	5,0	40	1,3
10	28,1	26	14,2	60	2,0
11	14,2	27	9,9	62	1,5

Az analízis során azonban, mind a TEMP-ből, mind a geostacionárius mesterséges holdak képeiből alkalmas módszerrel (Rákóczi, 1979; Rákóczi – Kovács, 1981) nyert széladatokat a rácspontokra történő interpolációs rendszerbe kell bevonnunk és így célszerűtlen a széladatok szerepét izoláltan tárgyalnunk. Foglalkoznunk kell azonban a széladatok kontrolljával, mivel ez heterogén információforrás esetén elengedhetetlenül szükséges.

A széladatok ellenőrzése során két problémával: a horizontális és a vertikális kontroll szükségességével találkozunk. Legtöbb esetben a hangsúly a horizontális kontrollon van, mivel a tapasztalat azt mutatja, hogy horizontálisan jól kezelt adatok esetén a függőleges ellenőrzés kisebb jelentőségű. A horizontális és függőleges kontroll paramétereinek variálása azért is nehéz, mert a szükséges súlyok kiszámítása az analízis minden szintjére rendkívül számítógép-igényes eljárás.

Mivel a szél és geopotenciálok közötti kapcsolatot a geosztrofikus összefüggés

$$u_g = + \frac{1}{f} \frac{\partial \Phi}{\partial x_2}, \quad v_g = - \frac{1}{f} \frac{\partial \Phi}{\partial x_1}, \quad (1)$$

adja meg, ahol u_g és v_g a geosztrofikus szélösszetevőket $\partial \Phi / \partial x_1$, $\partial \Phi / \partial x_2$ a koordináta tengelyek irányába eső geopotenciál gradienseket, $f = 2\omega \sin \varphi$ pedig a Coriolis paramétert jelenti. A gradiensek számítására a

$$\frac{\partial \Phi_k}{\partial x_l} = \overline{\frac{\partial \Phi_k}{\partial x_l}} + \frac{\partial \Phi'_k}{\partial x_l} \quad (2)$$

formulát használjuk, ahol $\overline{\frac{\partial \Phi_k}{\partial x_l}}$ a k -edik szinten ($k=1, 2, \dots, n_A$) kontrollállandó állomáson fellépő gradienst jelenti, a derékszögű koordináta-rendszer mindkét irányában. (x_1 esetén $l=1$ az abszcissza, $l=2$ az ordináta). $\frac{\partial \Phi_k}{\partial x_l}$ az alapmezőben fellépő gradiens értéke. Ezt minden évszakra vagy hónapra vonatkozóan a klimatikus normából lehet meghatározni, az állomást körülvevő – interpolációs sémának megfelelően – négy, hat vagy nyolc értékből. A kívánt átlag a

$$\begin{aligned} \overline{\frac{\partial \Phi_k}{\partial x_l}} &= \frac{\partial \Phi_k^{(3)}}{\partial x_l} (1 - \Delta s) (1 - \Delta z) + \frac{\partial \Phi_k^{(4)}}{\partial x_l} \Delta s (1 - \Delta z) + \\ &+ \frac{\partial \Phi_k^{(1)}}{\partial x_l} \Delta z (1 - \Delta s) + \frac{\partial \Phi_k^{(2)}}{\partial x_l} \Delta s \Delta z \end{aligned} \quad (3)$$

formulával állítható elő, ahol $\Delta s = (s - s_s)d$, $\Delta z = (z_s - z)d$, (s, z) a kontrollállandó állomás koordinátája, d pedig a rácstávolság. (s_s, z_s) a G^s hálózati pont koordinátája.

A $\frac{\partial \Phi'_k}{\partial x_l}$ becslési értéket a $\frac{\partial \Phi'_k}{\partial x_l}$ gradiens eltérésére az optimális interpoláció módszerét használhatjuk fel az alábbi módon:

$$\frac{\partial \Phi'_k}{\partial x_l} = \sum_{i=1}^{n_s} P_i^{(1)} \Phi'_{ki} \quad (4)$$

A $p_1^{(l)}$ interpolációs súlyt pedig a

$$\left(\frac{\partial \Phi'_k}{\partial x_l} - \frac{\partial \Phi'^s}{\partial x_l} \right)^2 = \min \quad (5)$$

minimum-feltételből határozhatjuk meg.

(4) szerint a gradiensek számításához szükséges $p_1^{(l)}$ súlyokat csak egyszer kell minden szintre meghatározni. A $p_1^{(l)}$ súlyok meghatározására Kluge et. al. (1977) az alábbi egyenletrendszert ajánlja:

$$K_{ij}(p_j^{(l)}) = (K_1^{(l)}), \quad (6)$$

ahol

$$K_{ij} = (1 + r_{ij}/L)e^{-r_{ij}/L}, \quad (7)$$

$$K_{i=j} = 1 + \eta, \quad (8)$$

$$K_i = (x_0 - x_i) \frac{e^{-r_{ij}/L}}{L^2}, \quad (9)$$

$L=1000$ km. Itt r_{ij} az i -edik állomásnak a j -edik állomástól vett távolságát jelenti, $\eta=0,02$ a geopotenciálok relatív megfigyelési hibája, $x_0^{(l)}$, $x^{(l)}$ azon x irányú koordináta, amelyre a kontrollt végezzük, illetve az i -edik környező állomás koordinátája. $x_0^{(2)}$ ill. $x_1^{(2)}$ pedig a megfelelő y irányú koordináták.

A (6) egyenletből láthatjuk, hogy a megfigyelési értékek eltérő eloszlásánál az egyes szinteken a K_{ij} korrelációk és a K_i korrelációk természetesen eltérőek lesznek és így más súlyokat eredményeznek. Ennek elkerülésére minden szinten azonos formájú megfigyeléseket követelhetünk meg. Ekkor p_i segítségével az elméleti interpolációs hibával az interpoláció jóságára az

$$\epsilon^{(l)} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n_s} p_j^{(l)} K_i^{(l)}}{1/L^2 + z} \quad l=1, 2 \quad (10)$$

formulát kapjuk meg és a

$$\epsilon = \frac{1}{2} (\epsilon^{(1)} + \epsilon^{(2)}) \quad (11)$$

kifejezést, ahol $z=0,05$ a gradiensek relatív megfigyelési hibáját jelenti. Figyelembe véve most, hogy az abszcissa kelet felé, az ordináta pedig dél felé irányul, az (1) egyenlet alapján írhatjuk, hogy

$$V_k^* = \frac{9,8}{10^6 f_\varphi} \sqrt{\left(\frac{\partial \Phi_k}{\partial x_1} \right)^2 + \left(\frac{\partial \Phi_k}{\partial x_2} \right)^2}, \quad (12)$$

ahol $V_k^* [m s^{-1}]$, $f_\varphi = 1,45842 \cdot 10^{-4} \sin \varphi [s^{-1}]$, φ a földrajzi szélesség, $\partial \Phi_k / \partial x_i$ [gpm/1000 km].

A szélirányokra pedig a

$$d^* = \gamma_k - \alpha \quad (13)$$

kifejezést kapjuk, ahol

$$\operatorname{tg} \gamma_k = \frac{-\partial \Phi_k / \partial x_2}{-\partial \Phi_k / \partial x_1} \quad (14)$$

és

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{x_p - x_0^{(1)}}{y_p - y_0^{(1)}}, \quad (15)$$

ahol x_p és y_p az északi pólus koordináták vonatkozási rendszerében kifejezett koordináták. Az interpolációval számított V_k^* és a megfigyelt V_k szélességek és irányok közötti eltérés abszolút értékét

$$|V_k - V_k^*| \leq F_1(V_k^*, A_k) \sqrt{\varepsilon}, \quad (16)$$

$$|d_k - d_k^*| \leq F_2(V_k^*, A_k) \sqrt{\varepsilon} \quad (17)$$

formában fejezhetjük ki. Az F_1 és F_2 függvények, mint látjuk, V_k^* és az analízált szint (850, 700, 500, 300 mbar) függvényei.

II. TÁBLÁZAT

*Az ε gyakorisági értékei különböző osztályokra
Stahnke - Jungheim szerint*

0,30 - 0,39	0,40 - 0,49	0,5 - 0,69	0,7 - 1,0
% 16	47	32	5

Látható, hogy a vázolt rendszerben a szélességek és szélirányok kiszámítására, valamint a számítási hibák becslésére alapvető statisztikai vizsgálatot kell végrehajtani. Az ε -ra és $\sqrt{\varepsilon}$ -ra vonatkozóan irodalmi adatok állnak rendelkezésünkre. Ezeket a II., ill. III. táblázatban mutatjuk be. Láthatjuk, hogy ε értéke az esetek 95 %-ban 0,7 alatt marad.

III. TÁBLÁZAT

*$\sqrt{\varepsilon}$ gyakorisági értékei
különböző osztályokra
Stahnke - Jungheim szerint*

0,60 - 0,69	0,70 - 0,79	0,80 - 1,0
61%	27%	12%

A $\sqrt{\varepsilon}$ százalékos gyakorisági értékét mutatja be a III. táblázat.

Jóllehet ε -ra és $\sqrt{\varepsilon}$ -ra vonatkozóan irodalmi értékeket használhatunk fel, F_1 -re és F_2 -re empirikus vizsgálatot kell végeznünk.

Különösen fontos a vízszintes kontroll a Meteosat-holdak felhőanyagából levezetett sebességvektorok esetén, mert ekkor az elmozdulás vektorokhoz rendelhető magasságot statisztikai módszerekkel kell megkeresni és amint azt *Rákóczi*nál (1979) láttuk, ez a legjobban illeszkedő szint megkeresését jelenti. Csak a fenti eljárással ellenőrzött és elfogadott széladatokat ajánlatos az objektív analízis rendszerébe bevonni és felhasználni.

Mivel az előrejelzési feladatok során a szinoptikus skálájú geopotenciálmező analízisében van a hangsúly, röviden áttekintjük a WWW-rendszerben kínálkozó lehetőségeket. Ennek a rendszernek a kifejlesztésében örvendetes információ-növekedés mutatkozik egy részről, más oldalról azonban a növekvő adathalmaz az adatok növekvő heterogenitásának a trendjét mutatja. Ez a heterogenitás a hibaforrások térbeli és időbeli aszinkronitását is jelenti.

Az ebből származó nehézségek kiküszöbölésére az alábbi típusú feladatoknak kell megoldani:

- statisztikai, vagy dinamikai természetű összefüggéseket kell keresni az eltérő információ-fajták között;
- meg kell határozni a kiinduló információk hibastruktúráját;
- meg kell oldani az optimális elem-kombináció kérdését.

E feladatok közül az első dinamikai vagy statisztikai jellegű, a két utóbbi pedig tisztán statisztikai természetű. Ezek alapján a megoldást a véletlen függvények elmélete keretében kell keresnünk; több dimenziós statisztikai analízist kell végeznünk. Numerikus szempontból az optimális interpoláció során használt apparátusra támaszkodhatunk. Mivel ez a módszer az első és a második momentumokra van kidolgozva, munkánk során is olyan módszereknek kell előnyt biztosítani, amelyek e momentumokat használják fel. Elméleti szempontból ez azt jelenti, hogy az analizálandó mezőt célszerű Gauss-féle véletlen mezőnek tekinteni. Ebben az esetben a legjobb közelítés mértékéül a becslés és a mérési érték közötti különbség átlagos négyzetes minimumát tekinthetjük és így a lineáris interpoláció elméletéhez jutunk. Az erre vonatkozó elméleti alapokat *Wiener* és *Kolmogorov* dolgozta ki, meteorológiai alkalmazását pedig *Gandin* (1963) vezette be. *Sasaki* a fenti elméletet a variációtétellel kombinálta.

Ezen elmélet alkalmazásakor módszertani szempontból az alábbi nehézségek merültek fel:

- a) a súlyok kiszámítására alkalmas egyenletrendszer egyenleteinek a száma nagy,
- b) a mező differenciálhatósága nem adott explicit módon,
- c) fáradságosan megszerezhető a priori ismeretek szükségesek.

Kedvező körülményeknek kell tartanunk a fentiekkel szemben azt, hogy

1. statisztikai szempontból nagyon különböző információk kombinálhatók;
2. az információk térbeli-időbeli eloszlásának irregularitását korrekt módon vehetjük figyelembe;
3. az interpolációs hiba becslése kvázi automatikusan, mint a folyamat mellékterméke jelenik meg;
4. fennáll az eljárás interaktív alkalmazásának a lehetősége.

Nem célunk itt az optimális interpoláció matematikai apparátusának a leírása; ezt *Gandin*nál (1963) vagy tovább fejlesztett változatban *Kluge* et. al. (1980) munkájában megtalálhatjuk. E helyett inkább összefoglaljuk hazai jövő-

beli feladatainkat.

1. A geostacionárius mesterséges holdak szélvektoraiból a Rákóczi – Kovács (1981) módszerrel kapott információkat horizontális kontroll alá lehetne vetni és a TEMP PART A, TEMP PART B és a SATEM rendszerbe beiktatni. Már a szélvektorok kiszámítása is számítógépes megoldást kíván, de nem oldható meg kézi feldolgozással a probléma második és harmadik (*b* és *c*) része sem. Ezen a téren együttes munkára, véleményünk szerint több intézmény (KMI, KEI, KLFI, ELTE) közös erőfeszítésére van szükség.

2. E munka operatív futtatását helyzetfeltáró kutató munkának kellene megelőznie és minél előbb ki kellene jelölni a felelős intézményt és személyt.

3. A módszertani kutatómunka eredményeinek analizisével kiválasztható az operatív célokra legjobban megfelelő variáns.

4. Figyelembe véve az előkészületi munkák állását, a meglévő szellemi kapacitást, úgy vélem, hogy 1985-re operatív működő rendszert dolgozhatunk ki, ha 1983-tól megfelelő számítógépes kapacitás áll rendelkezésre.

IRODALOM

- Kluge, J. 1970: Ausnutzung der Winddaten bei der numerischen Analyse des Geopotentials der AT der mittleren Troposphäre mittels optimaler Interpolation. *Zeitschr. für Met.* B. 21. H. 9–10. 286–292.
- Kluge, J., Stahnke-Jungheim, K. H., Vollbrecht, Ch. 1977: Die Verwendung von Winddaten bei der operativen numerischen Analyse des Bodendruckfeldes. *Zeitschr. für Met.* B. 27. H. 3.
- Kluge, J., Stahnke-Jungheim, K. H., Vollbrecht, Ch. 1980: Numerische Geopotentialanalyse unter Verwendung von TEMP, SATEM- und PROGNOSE-Daten, sowie anderen Informationsarten. *Zeitschr. für Met.* Bd. 30 H. 4.
- Rákóczi F., 1976: Aerológia, Budapest.
- Rákóczi F., 1979: A geostacionárius mesterséges holdak felhasználása a szélmező analizisében. *Időjárás* 83 No. 1. 32–37.
- Rákóczi F. – Kovács E., 1980: Wind – Field Analysis on the Basis of METEOSAT Images. *Adv. Space Res.* Vol. 1. 133–137.
- Stahnke-Jungheim, K. H., 1978: Ein Verfahren zur horizontalen Kontrolle in der objektiven Analyse absoluter Topographien verwendeten Wind-information. *Zeitschr. für Met.* B. 28 H. 4.
- Gandin, L. Sz., 1963: Objektívnyj analiz meteorologiceszkih polej. Leningrad.

BALI JÓZSEF – KÁNTOR CSABA – STEFLER SÁNDOR: *Mikrohullámú analóg hírközlés*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983. 330 (B5) oldal, 117 ábra.

Rendhagyónak tűnik, hogy az analóg modulációs elven működő mikrohullámú hírközlő rendszerek és berendezések kérdéseivel foglalkozó szakkönyvet ismertessen az *IDŐJÁRÁS*. Tekintve azonban, hogy mindenfajta vezeték nélküli hírközlés a légkörben, ennek aktív kölcsönhatása alatt zajlik le, feltétlenül figyelemmel kell kísérniük a meteorológusoknak, hogy a rádiótechnikusok milyen módon használják fel a meteorológia, a légkörfizika, a klimatológia feltárt eredményeit gyakorlati problémáik megoldásához. A Postakísérleti Intézet munkatársai által összeállított kötet minden fejezetében jelentkeznek a tervezések során figyelembeveendő meteorológiai faktorok, de önállóan az 5. fejezet nyújt átfogó *rádiómeteorológiai* áttekintést a felhasználóknak. Ezen felül a meteorológia maga is több területen közvetlenül alkalmazza a mikrohullámú berendezéseket: távmérésnél, távközlésnél, meteorológiai úrtávközlésnél és a rádiólokáció meteorológiai alkalmazásainál.

A fejezetek címét nem soroljuk fel, aki az ismertetés alapján kézbeveszi a kötetet, részletesen tájékozódhat a tartalomról.

Az *Útvonaltervezés* című 5. fejezet igen részletesen foglalkozik a hullámterjedés mennyiségi jellemzőivel. Az elektromágneses hullámok terjedésének tárgyalását az atmoszféra törésmutatójának leírásával kezdi, majd ismerteti a törésmutató mérését, a törésmutató változását a magassággal. A törésmutató a nem ionizált légköri környezetben elsődlegesen a légnomás, a hőmérséklet és a vízgőztartalom függvénye. A felsorolt meteorológiai paraméterek vertikális inhomogenitásai (pl. inverziók) rendellenes rádióhullám terjedését idézik elő, amely jelenséget a kötet – a nemzetközi terminológiájának megfelelően – troposzférikus hullámvezetőként tárgyalja.

Az igen rövid elektromágneses hullámokra az atmoszférikus gázok, a csapadék és a felhő is jelentős hatással van. A különböző csapadékfajtákat cseppméret-eloszlással különböztetik el egymástól. Így a kontinentális kiterjedésű csapadékokra a *Marshall – Palmer* eloszlást, a zivataros esőkre a *Joss*-féle eloszlást és a peremező esőkre egy másik fajta *Joss*-eloszlást alkalmaznak. Az esőintenzitás-statisztikákat az OMSZ több évtizedes méréseire alapítva közlik és az egy órára vonatkozó adatokat *Lin* módszerrel számítják át egy perces intenzitás-adatokra. Az így kapott intenzitás-értékek jól illeszkednek a CCIR által kidolgozott ötös felosztású csapadékintenzitás-világtérképbe. Az esőcsillapítás és a hidrometeorokon történő energiaszóródás (reflektivitás) témakört a nemzetközi irodalom alapján tárgyalják. A felhők és a csapadék különböző frekvenciákon eltérő termikus zajmisszióját (kT értékét) is figyelembeveszik a tervezéshez. A mikrohullámú távközlési útvonalaknál az áthidalat távolságok közötti terület klimatikus viszonyai folyamatosan befolyásolják az átvitel minőségét, főleg az útvonal fajlagos csapadék és kód csillapítása útján. A műholdas összeköttetéseknel továbbp bonyolódik a helyzet, mivel a vevőantenna állásszögétől függően különböző atmoszféra-vastagságban jelentkező zavaró légköri befolyásokat kell figyelembevenni.

A rádiómeteorológiai témakört a *Függelék*ben két táblázat zárja, az egyikben a troposzférai rádiómeteorológiai jellemzőinek meghatározása, a másikban pedig a rádióklíma-területek jellemzése szerepel (CCIR 310 – 4 Ajánlás).

E kötet ismét bizonyítékát nyújtja, hogy a hazai meteorológiai adatfeldolgozás nem kellően korszerű szintje és mélysége már akadályát jelenti igen fontos gyakorlati feladatok konkrét megoldásának. Jobb híján a hazai szerzők kénytelenek külföldi meteorológiai statisztikákra hivatkozni, megfelelő közelítő megfontolásokkal.

Simon Antal

Ezt a kézikönyvet, melyet a biológus, a villamos mérnök és a matematikus-meteorológus szerzőhármás írt, az agrometeorológusok figyelmébe ajánlom. A címben megjelölt témakörben ez az első magyar nyelvű kiadvány. A növénykörzet tényezőinek túlnyomó része időjárási elem. A kísérletek megismételhetőségét, az időjárási elemek nagy változékonysága miatt, csak a mesterségesen szabályozható környezet teszi lehetővé. Ezt a tényt felismerve *Went* harminc évvel ezelőtt kezdeményezte a szabályozott növénykörnyezet-kutatásokat. Hazánkban az ötvenes évek végén kezdték meg ezt a munkát, amely a martonvásári fitotron és a budakalászi klimatron felépítéséhez vezetett. E két nemzetközileg is elismert nagy létesítményen kívül sok kutatóhelyen használnak klímakamrákat. A martonvásári fitotron a tervezési stádiumtól kezdve meteorológus közreműködésével indult. Az itt kidolgozott szimulációs klímaprogram világszerte ismert. Legutóbb a krasznodári fitotronban vezették be ezt a módszert.

A szerzők a bőséges nemzetközi tapasztalatokon kívül – csaknem kettőszáz irodalmi utalás – saját, több mint egy évtizedes tapasztalataikat ismertetik. A martonvásári fitotron mikroklimatológiai műszerezettsége világszínvonalú. A mérési eljárásokról és műszerekről is sok újat és hasznosat talál e könyvben az agrometeorológus olvasó.

A környezet biológiai hatásait a társtudományok számára foglalta össze a biológus szerző, aki a hazai fitotron-metodika egyik kezdeményezője.

Az első fejezetben a természetes és szabályozott környezet biológiai jelentőségét ismertetik.

A második fejezetben a növényi környezet mesterséges kialakításának történetéről, biológiai és technikai hátteréről, a módszer magyarországi fejlődéséről, valamint a fejlődés várható irányairól olvashatunk.

A harmadik és egyben legnagyobb terjedelmű fejezet a szabályozott klimatikus tényezők fő címmel a fény, a hőmérséklet és a levegő biológiai jelentőségével, természetes viszonyaival, mérésével és szabályozásának technikai jelentőségével foglalkozik.

A negyedik fejezet a talajtényezőkről, a talajfizikai állandókról, a víz szerepéről, a talaj kémiai tulajdonságairól, a tápanyagokról, a nevelőközeg biotikus tényezőiről és a szabályozott környezet mesterséges „talajai”-ról, valamint a tenyészedényekről ad számot.

A kondicionált növénynevelő egységeket és fitotronokat az ötödik fejezetben ismertetik.

A klímaprogramok tervezése a hatodik fejezetben szerepel.

A kísérlettervezés és értékelés című hetedik fejezet a szabadföldi vizsgálatokat végző agrometeorológusok számára is sok hasznos útmutatást ad.

Az utolsó fejezetben a növénynevelő klímaberendezések üzemeltetési tapasztalatait foglalták össze.

A függelék táblázatai között a °C – °F átszámítása, pszichrométer táblázat, SI mértékegységek átszámítási táblázatai is megtalálhatók.

Végezetül megemlítem, hogy a szerzők a szabályozott környezetű növénynevelés magyar nyelvű szakkifejezéseinek kialakítására is törekedtek.

Pletser János

WHITTEN, R. C. (szerk.): *The stratospheric aerosol layer (A sztratoszferikus aeroszol réteg)*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1982. X + 152 oldal, 62 ábra, számos táblázat, bő irodalomjegyzék.

Huszonöt évvel ezelőtt, amikor e sorok írója pályakezdő kutató volt, a légköri aeroszol részecskék fizikai és kémiai tulajdonságairól viszonylag keveset tudtunk. Elsősorban felhőfizikai kézikönyvekben azt olvashattuk, hogy a troposzferikus részecskék (kondenzációs magvak) tengeri sóból, valamint emberi tevékenységből származó égéstermékéből állnak. Junge úttörő kutatásai már kimutatták, hogy a talajközeli levegőben, a tengeri sótól eltekintve, a nagyobb vízben oldódó részecskéket főként ammónium-szulfát építi fel. A kisebb részecskék eloszlásáról és kémiai összetételéről azonban lényegében semmi elképzelésünk sem volt. Még azt sem tudtuk, hogy a troposzféra legnagyobb részében azonos fizikai és kémiai tulajdonságú ún. háttér-aeroszol található (kis szulfát részecskék kb. 100 cm^{-3} nagyságrendű koncentrációval). Azt már végképpen senki sem gondolta volna, hogy a sztratoszférában olyan aeroszol réteg van, amely a Föld klímájának alakításában is szerepet játszik.

Az elmúlt negyedszázadban a légköri aeroszolra vonatkozó ismereteink látványosan kibővültek. Így többek között Junge és munkatársai felfedezték a sztratoszferikus aeroszol réteget é kimutatták, hogy a részecskék elsősorban szulfátokból tevődnek össze. Ez a felfedezés felkeltett a kutatók érdeklődését és a hatvanas-hetvenes években intenzív kutatásokat végeztek a sztratoszferikus részecskék keletkezésének megállapítása céljából. Kiderült, hogy a részecskék többsége

vulkanikus gázokból származik és a vulkánkitörések az éghajlatot a sztratoszferikus aeroszol-réteg optikai tulajdonságainak módosításán keresztül befolyásolják.

Az utóbbi öt esztendőben a vizsgálatok különösen felgyorsultak. Lehetővé vált a kén-gázok *in situ* mérése, illetve kidolgozták az aeroszol-réteg megfigyelésének kudarcos és műholdas technikáját. Másrészt a szakemberek olyan matematikai modelleket konstruáltak, amelyekkel hűen leírhatók az aeroszol-részecskék keletkezési folyamatai, valamint éghajlati hatásai. Az újabb kutatások nagy része jelen könyv egyes fejezeteit író amerikai kutatók nevéhez fűződik. Az öt fejezetet a következő szerzők készítették:

1. Bevezetés: R. C. Whitten és O. Hamill;
2. Megfigyelések: E. C. Y. Inn, N. H. Farlow, P. B. Russel, M. P. McCormick és W. P. Chu;
3. Az aeroszol-képződés kémiai kinetikája: R. G. Keesee és A. W. Castleman, Jr.;
4. Sztratoszferikus modellek: R. P. Turco;
5. A sztratoszférikus aeroszol és az éghajlat: O. B. Toon és J. B. Pollack.

Véleményünk szerint ez a könyv legalább két szempontból értékes. A szöveg egyrészt minden fejezetben világos, a rövidség ellenére könnyen érthető. Másrészt a kiadás igen gyors volt, így a mű a legfrissebb kutatási eredményeket is tartalmazza. Mindkét szempont fontos, mivel korunkban a tudományos vizsgálatokat számos folyóiratban publikálják és a cikkek sokszor olyan technikai részleteket tartalmaznak, amelyek csak viszonylag kevés kutatót érdekelnek, illetve, amelyek csak kevesek számára érthetőek. Ebből következik, hogy egyes gyorsan fejlődő tudományos területek nyomán követése még az illető tudomány szakemberei számára is nehéz feladatot jelent. Így az olyan jellegű kiadványok, mint „A légköri aeroszol-réteg” c. könyv a tudományos ismeretek terjesztésében és oktatásában fontos szerepet játszanak.

A mű átolvasása után úgy tűnik, hogy – az intenzív kutatásoknak köszönhetően – a sztratoszferikus aeroszolt szabályozó folyamatokat elég jól ismerjük annak ellenére, hogy számos rész kérdés tisztázása még további vizsgálatokra vár.

Vulkánkitörésektől mentes időszakokban a kén-savból álló részecskék a Föld felszínén kibocsátott karbonil-szulfidból származnak. A karbonil-szulfid forrásait sajnos nem kielégítően ismerjük. Elképzelhető azonban, hogy az említett anyag egy része antropogén eredetű.

Vulkánkitörések esetén a sztratoszférába jelentős mennyiségű kén-dioxid gáz és vulkáni hamu kerül. A viszonylag nagy hamurészecskék a sztratoszférából gyorsan kihullanak, míg a kén-dioxid kicsiny szulfát (kén-sav) részecskékké alakul, amelyek legalább egy éven át ebben a légköri tartományban maradnak. Ezek a részecskék a talajközeli levegő néhány tizedfokos lehűlését okozhatják, mivel csökkentik a beérkező rövidhullámú napsugárzás intenzitását. Jelenlétük ugyanakkor a sztratoszféra felmelegedéséhez vezet, mivel elnyelik a felszín által kibocsátott hosszuhullámú sugárzás egy részét is. Az éghajlatot elsősorban azok a vulkánkitörések módosítják, amelyeknél viszonylag sok kén-gáz kerül a levegőbe (így pl. a St. Helens vulkán kitörései igen hevesek voltak, hatásai azonban nem voltak jelentősek a kibocsátott anyagok alacsony kéntartalma miatt).

A vulkanikus tevékenységre, illetve az éghajlatváltozásokra vonatkozó információk összehasonlítása valószínűvé teszi, hogy a geológiai korok jégkorszakait nem a vulkánkitörések okozták. Ezzel szemben az elmúlt századokban megfigyelt kisebb időléptékű ingadozások kialakításában a vulkánok minden valószínűség szerint fontos szerepet játszottak.

Tekintve, hogy az emberi tevékenység a sztratoszferikus aeroszol-réteg kémiai és fizikai állapotát a jövőben feltehetően érezhetően módosítani fogja (karbonil-szulfid kibocsátás, sztratoszferikus repülőgép-forgalom), az érdekes könyvben tárgyalt kérdések a kutatókat minden bizonnyal még évekig foglalkoztatni fogják.

Mészáros Ernő

NATIONAL SWEDISH ENVIRONMENT PROTECTION BOARD: Ecological Effects of Acid Deposition (*A savas ülepedés ökológiai hatásai*). Report SNV PM 1636. Solna, 1983.

A légköri üvegházhatás és az ózonréteg antropogén változásai mellett a környezet savasodása jelenti az egyik legnagyobb környezeti problémát. Az energiatermelés és a közlekedés a levegőbe nagy mennyiségű kén-, illetve nitrogén-oxidot juttat, amelyek a levegőben – vagy a csapadékvízben – savakká alakulnak át. A légköri transzport folyamatok miatt a keletkezett savak káros hatásai sokszor a forrásoktól távol mutathatók ki.

A „savas esők” különösen a pH csökkenésére érzékeny tavak bioszféráját befolyásolják, így az első gondok azokon a területeken jelentkeznek, amelyeken ilyen, általában grániton fekvő tavak találhatóak, azaz Skandináviában és É. Amerika keleti részein. Nem véletlen ezért, hogy az 1972-es stockholmi nemzetközi környezetvédelmi konferencia tizedik évfordulóján a svéd kormány miniszteriális értekezletet hívott össze a savas ülepedéssel kapcsolatos kérdések megvitatására („Stockholm Conference on the Acidification of the Environment”, 1982. június 28–30).

Szakmai szempontból a miniszteriális értekezletet különböző területeken dolgozó szakértők készítették elő. Az előkészítő megbeszélésre és az írásos anyag megfogalmazására június 21. és 24. között került sor Stockholmban. Jelen kötet a szakértői értekezlet első csoportja által megfogalmazott helyzetképet és ajánlásokat, illetve a bevezető és vitaindító tanulmányokat tartalmazza (a második csoport a kén- és nitrogén-oxidok emissziójának megelőzésével foglalkozott).

A kötetben, Anders Dahlen, svéd mezőgazdasági és környezeti miniszter megnyitója után, először B. Bolin (Svédország), L. N. Overrein (Norvégia) és E. B. Cowling (USA) plenáris ülésen bemutatott tanulmányait olvashatjuk. Bolin munkájában a környezet savasodásának hosszútávú kérdéseivel foglalkozik, míg Overrein az európai, Cowling az észak-amerikai „savas eső” helyzetet tekinti át.

A szakértői munka felosztásának megfelelően a vitaindító cikkek négy fejezetre tagolódnak:

1. Légköri folyamatok;
2. Ülepedés, a talaj és a víz kölcsönhatásai;
3. Az erdők állapotának változásai;
4. Vizek savanyodása, hatások és ellenintézkedések.

A „Légköri folyamatok” c. fejezetet három tanulmány alkotja. Az elsőben H. Rodhe (Svédország) „Savasodást okozó légszennyező anyagok emissziója, terjedése és ülepedése” címmel összefoglalja a problémakör jelenlegi állását. Különösen a cikk ülepedéssel, nagyléptékű terjedéssel és regionális körforgalommal foglalkozó részei ajánlhatók a magyar szakemberek figyelmébe. Ezt követően Mészáros E. összehasonlítja az európai és észak-amerikai kénkörforgalom egyes tényezőit majd a száraz és nedves ülepedést az emisszió-sűrűség függvényében tárgyalja. Végül R. Husar (USA, társszerző: J. M. Holloway) a légköri kén- és nitrogén körforgalommal kapcsolatos legújabb amerikai kutatások eredményeit ismerteti.

Az „Ülepedés, a talaj és a víz kölcsönhatásai” c. fejezetből M. M. Seip (Norvégia) tanulmányát emeljük ki. Seip többek között kimutatja, hogy a légköri kénsav ammónia általi semlegesítése nem gátolja a talajok (és talajvizek) elsavanyodását. A növények gyökerei ugyanis a talajvízzel ionokcserélnek. Pozitív ionfelvétel esetén hidrogén-, negatív ionfelvétel esetén hidroxid ionokat adnak le. Tekintve, hogy az ammónium fontos tápanyagot, nitrogént tartalmaz, ezek a pozitív ionok gyorsan a gyökerekbe kerülnek, ami a talaj és a talajvíz savanyodásával jár (ez a folyamat egyébként az ammónium tartalmú műtrágyák talajsavanyító hatásának okozója is).

A talajok savanyodását nemcsak a csapadék hidrogénion tartalma okozhatja. Azokon a helyeken, ahol az SO_2 koncentráció magas (pl. NSZK, NDK, Csehszlovákia, Lengyelország) a környezeti károk kialakításában a száraz ülepedés is fontos szerepet játszik. Számos kutató feltételezi (ez a kötetben levő több tanulmányban olvasható), hogy Közép-Európában az erdők pusztulását elsősorban az SO_2 száraz ülepedése okozza, amely általában meghaladja a kén nedves ülepedésének hatását. További problémát jelent egyes toxikus fémek ülepedésének, illetve a talajban való mobilizálódásának megnövekedése is.

A vizek savanyodásával foglalkozó fejezetben számos érdekes, sokszor megdöbbentő tanulmányt olvashatunk. Így többek között megtudhatjuk, hogy a tavak bioszférája nem csak közvetlenül a savasság növekedése miatt károsodik. A pH csökkenésének közvetett hatásai sokkal veszélyesebbek. Alacsony pH-nál ugyanis a vízben levő alumínium-hidroxid feloldódik és a halpusztulást végül is a mérgező alumínium ionok okozzák. A tavak savasodása elleni küzdelem legismertebb módja a vizek meszezése. Ily módon azonban csak térben és időben lokális javulás érhető el. A végleges megoldást az emisszió csökkentése jelenti.

Végül megjegyezzük, hogy a kötetben az egyes munkacsoportok helyzetelemző és a miniszteriális értekezlet számára ajánlásokat tartalmazó jelentését is megtalálhatjuk. Ez a kb. tíz oldalas rövid és tömör jelentés a nem szakemberek számára is világossá teszi a környezet elsavanyodásának folyamatát, illetve veszélyét.

A kötet forgatását minden környezetvédelemmel foglalkozó, illetve környezeti problémák iránt érdeklődő kutatónak ajánljuk. Tanulmányozása az ilyen jellegű hazai vizsgálatok további ösztönzőjévé is válhat.

Mészáros Ernő

IN MEMORIAM TAKÁCS LAJOS, 1909-1983

Az idei, verőfényes májusi koranyár élénk szele ismét fekete zászlót lengetett az Országos Meteorológiai Szolgálat központjának épületén. Ismét elköltözött az élők sorából egyik kiemelkedő tagja annak a meteorológus nemzedéknek, amely tudományos pályafutásának indulásakor viselte az akkori idők pályakezdőinek nem éppen biztató sorsát, majd évek múltával egy esztelen háború pusztításaiban rombadólt, de végre is felszabadult országban, a romok helyén egy korszerű meteorológiai-klimatológiai szolgálat újjáépítésének egész embereket, kemény, nem egyszer áldozatos munkát kívánó terhét. Ilyen, s eredményekben gazdag 36 évi szolgálattal a háta mögött, majd egyre gyengülő fizikummal megélt 12 nyugalmi év után, 1983. május 16-án elhunyt *dr. Takács Lajos*, a fizikai (meteorológiai) tudományok kandidátusa, szolgálatunk sugárzási osztályának nyugalmazott vezetője.

Matematika-fizika szakos középiskolai tanári oklevéllel kezében 1935. július 1-én „lakás, fűtés, világítás fejében”, észlelőként nyert alkalmazást az akkori Meteorológiai és Földmágneségi Intézetben. Igazgatója, *dr. Réthly Antal* hamar felismerte az új észlelő tehetségét, lelkiismeretességét, precizitását a műszerek kezelésében. Javaslatára még azon az őszön *Takács Lajos* ösztöndíjas kiküldetést kapott a berlini Collegium Hungaricum-ba meteorológiai, Potsdamba pedig főképp sugárzásmérési tanulmányokra. Egy év után hazatérve, ugyancsak észlelőként, fő feladata a Potsdamból magával hozott bár csak másodlagos műszernek tekintett Michelson – Martin aktinóméterrel a rendszeres sugárzásmérések megkezdése, ill. folytatása volt.

1937. január elseje jelentős dátum a hazai sugárzásmérések történetében. El-

addig ugyanis, ha volt is több-kevesebb rendszerességgel, kompenzációs pirheliométerekkel nyert méréssorozat (az I. világháború előtt Ógyallán, majd Kalocsán, később, a 20-as években a Balaton mellett s a Mátrában), egyedül csak a napsütés tartamát ismertük behatóbban az ország számos helyén. Takács Lajos – most már az éghajlatkutató osztály tagjaként – nagy kedvvel, szívós szorgalommal látott feladata megoldásához. A hazai, régebbi sugárzásmérések anyagának összegyűjtésén túl a napfénytartam és a napsugárzás elméleti és műszeres kutatásának kérdéseitől Takács Lajos neve 1937-től 1970 végéig el nem választható.

A 30-as évek legvégén az Intézet növekvő anyagi lehetőségei már alkalmat adtak sugárzás-éghajlatunk energetikájának korszerű, itthoni vizsgálatához nélkülözhetetlen bimetal-aktinográfok állomási műszerként történő beszerzésére. Elhelyezéstük, adataik feldolgozása ugyancsak Takács Lajos személyes irányító, ellenőrző munkájára várt, éppúgy, mint sugárzás-éghajlatunk iránt az egészségügyi, ipari vagy agrár oldalról támasztott igények kielégítése.

A szépen indult fejlődést azonban esztendőkre meggátolta, sőt alaposan visszavetette a II. világháború. Romokban heverő központi obszervatórium sérült, megsemmisült etalonműszerekkel, elveszett, alig felújítható állomási műszerek, – így kellett újraindulnia a sugárzás-kutatásnak, a hálózat újjászervezésének. S Takács Lajos – törekeny fizikuma ellenére – szívós energiával akkor is megfelelt vezetői bizalmának. Pedig ekkor már szükségszerűen foglalkoztatták az éghajlat-kutatás és adatfeldolgozás egyéb kérdései is. Ez utóbbiakat matematikai meg-alapozottságú, elmés nomogramok szerkesztésével



igyekezett munkatársainak megkönnyíteni. Erre az időre esnek szakirodalmi működésének kezdetei is. Eleinte az adatfeldolgozás módszertana foglalkoztatta. Későbbi cikkei, tanulmányai már éghajlatunk egy-egy elemének a megfigyeléstől, adatainak kritikai feldolgozásától időben és térben megjelenítéséig történő tömör, szabatos bemutatását nyújtják. Tanúskodik erről mind az intézet 75 éves fennállása alkalmával a Meteorológiai Társaság ünnepi ülésén tartott előadása, vagy a Társaság 1948. évi agrometeorológiai irodalmi pályázatán első díjjal kitüntetett tanulmánya, mind pedig a szakfolyóiratokban publikált cikkei s az 1950-ben az ELTE Természettudományi Karán benyújtott disszertációja („summa cum laude” minősítéssel lett a meteorológia doktora), még inkább a szerzőtársakkal írott szakönyvekben közzétett írásai is. Szerényen, szűken bánt a szóval. Tisztelte, értékelte, szigorú kritikával mérlegelte a publikált adatot, a leírt nyomtatott betűt. Ebből az igényességéből fakadt az a visszafogottság, amely közleményeinek stílusát, szükségességét jellemzi; még akkor is, amikor az időjárási-éghajlati ismeretek könnyed stílusú terjesztése, egy megújuló társadalom meteorológiai közműveltségének emelése érdekében nagy kedvvel fogott az Intézet akkor indított ún. „Népszerű kiadványai”-nak szerkesztéséhez (1951). E sorozat 5 kötetének jelentős részében, szerzőkét szerkesztőként bemutatta, végigpásztázta Takács Lajos a meteorológiának a mindennapi élet ügyszólván minden területére jelentősen ható voltát. S e kötetek olvasói: az észlelők-kutatók, mezőgazdák, tanárok részéről bőven megnyilvánult, elismerő reflexiókat Takács Lajos minden prémiumnál értékesebb jutalomnak tartotta.

Új szakasz nyitányát jelentette tudományos pályáján az 1954-ben felavatott pesti lőrinci légkörfizikai obszervatórium. Megvála az 1951 óta általa vezetett éghajlati osztálytól, az akkor szervezett sugárzási kutató osztály vezetésére kapott kinevezést s ezzel fel kellett hagyania szerkesztői tevékenységével. Ez a kinevezés nem ismeretlen, de az eddiginél szélesebbkörű, többretergű s fokozott felelősséggel járó munkaterületet jelentett számára. Nemcsak tudományos kutatóbázist, ügyszólván „nemzeti sugárzási centrum”-ot kellett szerveznie, az új, friss-diplomás munkatársaiból jól begyakorolt, korszerű szemléletű kutatógárdát is alakítania, hogy szolgálatunk eredményesen kapcsolódhassék a Nemzeti Geofizikai Év (1957) munkátaiba, majd az intézet 1958-ban megkezdett s éveken át folyt Balaton-kutatási programjába, 1963-tól pedig a sarvasi hőháztartási vizsgálatokba; természetesen mind e feladatok mellett az elsődleges cél a hazai sugárzás-mérő hálózat adatainak finomítása, az egyes sugárzási összetevők műszeres meghatározása, és a sugárzási egyenlegnek mérés útján történő meghatározása volt.

És Takács Lajos itt is megfelelt a várako-

zásnak. A sugárzáséghajlat vezetésével folytatásának értékes eredményeként láthattak napvilágot a „Magyarország Éghajlati Atlasza”-ban a napsütés 50 évi területi eloszlását szemléltető térképei és számtáblázatai, s a besugárzás napi és évi járásának tényleges regisztráláson alapuló számsorai. 1962-ben védte meg Takács Lajos „Adatok Budapest sugárzáséghajlatához” című kandidátusi értekezését, amelyben az éghajlatkutatás alapvető kérdésével foglalkozva nemzetközi tekintetben is mintául vehető metodikát mutatott be hosszú sorozatok homogéné tételére. A főváros különböző pontjain mért sugárzási adatok általa végrehajtott illetlen feldolgozása az orvostudomány s az agrometeorológiai területén is nagy elméleti és gyakorlati értékű.

A 60-as évek közepéig rendre jelentek meg mindig figyelmet keltő, majd mindinkább szerzőtársakkal közösen írt olyan tanulmányai, amelyek az éghajlatkutatás egy-egy kellően föl nem tárt kérdésének a gyakorlat által igényelt, pontos megvilágítását képviselik. Am szakírói munkássága ezidőtájt – egészségi állapotának romlása folytán – egyre csökkent. Fájdalmairól nem panaszkodott, pedig voltak. Viselte őket megadással, fegyelmezetten, s még a súlyos gyomorműtét sem tartotta vissza attól, hogy tovább tegye a dolgát, végezze kötelességét.

Mindvégig töretlen lelkierevel s szorgalommal dolgozott, bár beosztottjai – kik az 50-es évek elején még hallgatói is voltak egyetemi előadásainak –, immár termékeny szelleművé fejlődött tudományos kutatótársai egyre kényesítették vezető-irányító munkáját. Ezért, közeledvén intézetünk alapításának 100. évfordulója, a magyar meteorológia évszázados történetét összefoglaló, tervezett műben a sugárzáskutatást tárgyaló fejezetnek a megírását a szolgálat elnöke aligha bírhatta volna hivatottabb szerzőre, mint Takács Lajosra. Am e vaskos kötetnek nemcsak ezt a fejezetét, hanem a magyar meteorológiai szolgálatban alkalmazott műszerek és megfigyelési módszerekről szólót is nagyobbik részben ő írta. Mintaszerű gondossággal összeállított, 4 íves tanulmánya hű tükrre a Szerző fegyelmezett gondolkodásának, amelyre mindig is jellemző a fogalmak pontos körülhatárolása, a definíciók, következtetések világos, tömör megfogalmazása. A műszeres mérések történetének gazdag ismeretanyagát felölelő tanulmánya minden kortárs és leendő magyar meteorológus számára nyilván nemcsak különleges értékű forrásmunka, de élvezetes irányú olvasmány is marad.

Így érkezett el 1970. december 31., Takács Lajos nyugalomba vonulásának napja. Hittük s reméltük, hogy az aktív szolgálat terhét letéve továbbra is temékeny művelődés marad az éghajlattannak. Tudományos tanácsadóként jutott ideje újabb szerkesztői munkára: a Balaton térségének éghajlati jellegzetiségeiről, hő- és vízjárástársáról, bioklimájáról az évtized-

del korábban gyűjtött gazdag anyagot szakavatott szerkesztő-társaként rendezte sajtó alá a „Balaton éghajlata” c., ám csak néhány évvel később (1976) megjelent tekintélyes kötetben.

E nyugalmi évek termékenysége azonban hamarosan végleg megszakadt. 1972-ben elhunyt 35 éven át példásan harmonikus házasságuk s népes-derűs családi életük központját jelentő hitvestársa. Halála Takács Lajos „lelékénék felét” vitte sírba. S hiába kapott ugyanabban az évben a nap- és égboltsugárzás tárgy-ciklusában egyetemi docensi címet, választotta pár év múlva tiszteleti tagjává a Magyar Meteorológiai Társaság, hiába akart továbbra is „egész ember”-ként élni ennek is, családjának is, a lélek ugyan kész volt, de a test egyre gyengült, s e gyengülő testnek az idei tavasz-végén kényszerű megcsönkítését már nem tudta elviselni. Eltávozott, csendben, felkészületlenül, örökre. Mint mindig, ezúttal is halkán tette be maga mögött az ajtót, az Élet Kapuját, hogy átlépjen a – hite szerinti – örökkévalóságba.

Május 25-én – családjának fájdalomában őszinte részvétellel osztozva – barátainak, volt munkatársainak, tisztelőinek nagy száma kísérete felesége melletti nyughelyére az Óbudai temetőben. Elvesztettük, emléke azonban – műveiben is, e gazdag, tartalmas örökségben – itt marad, s él közöttünk.

Kakas József

✱

A METEOROLÓGIAI VILÁGSZERVEZET IX. KONGRESSZUSA

A Meteorológiai Világszervezet (WMO) tevékenységének fő irányvonalait meghatározó legfelsőbb testület, a kongresszus, négy évenként ül össze Genfben, a Világszervezet székhelyén.

A IX. kongresszus 1983. május 2–27 között került megrendezésre a genfi nemzetközi konferencia-központ épületében. Az üléseken több mint 400 küldött vett részt, köztük a WMO 157 tagállamának megbízottjai, mintegy 30 nemzetközi szervezet képviselője és meghívott szakértők.

Az ünnepélyes megnyitón *A. Eghl*, a Svájci Államszövetség tanácsadója, a belügyminisztérium vezetője üdvözölte a megjelenteket, majd Genf kanton és város vezetői, valamint több nemzetközi szervezet képviselője tartott beszédet.

A Magyar Népköztársaságot *Barát József*, az OMSZ elnöke és *Ambrózy Pálné* a Nemzetközi Kapcsolatok Osztályának a vezetője képviselte. *Starosolszky Ödön* a VITUKI Vízépítési Intézetének a vezetője mint megfigyelő volt jelen.

A plenáris üléseken a világszervezet elnöke, *R. L. Kintanar* (Fülöp-szigetek) elnökölt. Itt vitatták meg többek között a WMO elnökének a beszámolóját az elmúlt négy év munkájáról, a regionális társulások elnökeinek a beszámolóit,

a költségvetést és más pénzügyi, valamint jogi kérdést. A plenáris üléseken foglalkoztak még a világszervezet tudományos és technikai szervezetének és működésének áttekintésével, valamint más nemzetközi szervezetekkel való együttműködéssel. Az első alkalommal foglalkozott a kongresszus a tudományos és technikai programok hosszú távra szóló terveivel, az ezzel kapcsolatos javaslatokkal és végrehajtási tervekkel.

A napirendi pontok nagy részének tárgyalása két munkabizottságban ill. ezek által létrehozott albizottságokban történt. A bizottságok elnökei *E. Randrianarison* (Madagaszkár) és *E. Jatila* (Finnország) volt, míg alelnöknek *J. P. Brucet* (Kanada) és *S. Alaimot* (Argentína) választották meg.

A hagyományos IMO előadást ez évben *P. K. Das*, a nigériai egyetem professzora tartotta a monszunról. Ezenkívül előadások hangzottak el az éghajlati előrejelzésekről, az éghajlat társadalmi-gazdasági hatásairól, az éghajlat és a környezet monitoringjáról, a Nemzetközi Poláris Évekről, valamint a Nemzetközi Geofizikai Évről.

A kongresszus 1983. május 11-én *Dr. D. G. O. Patrick Obasi* (Nigéria) személyében új főtitkárt választott, aki 1984. január 1-én veszi át a WMO vezetését a távozó *Prof. A. C. Wiin-Nielsen*től. A továbbiakban a kongresszus újra választotta a WMO elnökét, *Dr. R. L. Kintanar*t (Fülöp-szigetek), valamint a három elnökhelyettest, nevezetesen *Prof. Ju. A. Izraeli* (Szovjetunió) első, *Z. Jingmenget* (Kína) második és *J. Brucet* harmadik elnökhelyettesnek. Sor került még a Végrehajtó Bizottság tagjainak a megválasztására is, akik a Kongresszus utáni héten tartják első ülésüket.

Barát József

✱

DR. BRÜNO FEDERER 1936—1982

Kimagasló kutatói adottságok: széleskörű szakmai tudás, alkotói fantázia, hatalmas munkabírás és mindezeknek megfelelően jelentős publikációs tevékenység – így jellemezhetnénk röviden a 46 éves korában infarktushalált elhunyt *Bruno Federert*.

1977-ben találkoztam vele először, amikor az OMSZ meghívására látogatást tett a Baranyai Jégesőelhárító Egységnél. Ebben az időszakban munkatársaink még javában tanulgatták a jégeső elleni védekezés gyakorlatát. A rendszer és annak műszaki komponensei ismertek voltak előtte, hiszen a „Grossversuch IV.” ugyancsak 1976-ban hasonló rakéttákkal és egyéb műszaki berendezésekkel indult, mint a mi kísérletünk, a HEX (Hail Experiment). (A tervezés és gyakorlati kivitelezés során azonban volt néhány igen lényeges különbség, amelynek – legalábbis nekünk úgy tűnik – döntően befolyásolták az eredmények kimu-

tathatóságát. Ezekről más helyütt kívánunk beszámolni.) Ezért nem volt meglepő, hogy egyik kilövőállomásunk megtekintésekor azonnal rámutatott néhány kritikus pontra és érdeklődött, hogyan oldjuk meg a rakétagyújtók benedvesedésének, az előkészített rakéták felmelegedésének stb. látszólag jelentéktelen, de a rakéták működése szempontjából alapvetően fontos problémáit. Visszatérve központunkba, Bruno rögtönzött előadást tartott néhány benünket is közelről érdeklő problémáról — mint a jégesőképződés mikrofizikája és a zivatarfelhők radar-elemzése — elképesztően ötvözve a legnehezebb szakmai kérdésekről történő elemzést a közérthetőséggel. Szakmai — ma már úgy tűnik — zsenialitása azonnal érzékelhető, előadásmódja ugyanakkor roppant élvezetes volt mindannyiunk számára. Bruno azonban szeretett kritizálni is. Kritikájában, elméleti és gyakorlati kérdések kapcsán egyaránt, mindig a tényszerűsége törekedett, bár roppant erős igazságérzete és szangvinikus természete néha éles megjegyzésekre ragadtatta. Mivel azonban bírálatát mindenekelőtt a jószándék és segítőkészség jellemezte és mivel az többnyire megalapozottnak is bizonyult, e tulajdonságáért senki nem tudott rá igazán nehezteni.

Később Spanyolországban, a WMO által szervezett *Precipitation Enhancement Project (PEP)* — *workshop*-on volt alkalmam Federerrel találkozni. A nagyszámú résztvevővel együtt ismét megcsodálhattam briliáns előadói képességét, amely empátiával megáldott pedagógiai érényekkel párosult. Ilyen alkalmakkor érezhette magát igazán elemében, hiszen öt nyelven beszélt folyékonyan. Ugyanakkor tudományos dolgozatai aprólékos, elemző munkára és nagyvonalú következtetések levonására egyaránt képes kutatónak mutatják.

Szakmai tevékenysége 1962-ben, diplomája megszerzésével kezdődött a zürichi Állami Technológiai Intézetben (ETH). A rákövetkező 5 évben ugyanitt — a Légkörfizikai Laboratóriumban — dolgozott, majd megírta doktori disszertációját a félvezetők jégmagvasztó képességéről. Ezután egy nemzetközi expedícióban vett részt Grönlandon. Legközelebbi munkatársa, Albert Waldvogel, azt írja róla, hogy ez volt az a tevékenység, amit a legjobban szeretett: a laboratóriumi és a szabadban végzett kutatás kombinációja. Ezután két évet töltött a Davoshoz közeli Hó- és Lavinakutató Állami Intézetnél, majd elkezdte élete főművének: a nemzetközi jégesőelhárítási kísérletnek, a „Grossversuch IV”-nek a tervezését. Ennek a francia és olasz kutatók bevonásával végrehajtott kísérletsorozatnak az átfogó értékelését azonban már nem érthette meg. Halálakor az ETH magántanára — *docente* — és a „Nagy Kísérlet” igazgatója volt. Aktív tagja volt folyóiratunk Szerkesztő Bizottságának is.

A Grossversuch IV. igazgatójaként Federer az utóbbi évtizedben, mintegy 50 cikket publi-

kált — egyedül, vagy munkatársaival közösen — a legjobb meteorológiai, ill. fizikai folyóiratokban. Bruno azonban nemcsak mint kutató és pedagógus volt kiváló. A hat éven keresztül tartó jégesőelhárítási kísérlet tervezése, előkészítése és lebonyolítása nyilvánvalóan óriási adminisztrációs, szervezési és emberi problémákat vetett fel. Ő azonban vállalta az ezekkel járó, cseppet sem szakmai jellegű nehézségeket és vitákat is. Most — halála után — személyes ismerőse nehezen tud megszabadulni attól a benyomástól, hogy mindez — talán éppen az önmagával szembeni is könyörtelenül szigorú lelkiismeretessége miatt — még az ő fantasztikus teljesítőképességét is meghaladta.

Bruno Federerre, aki gyűlölte a közönyt és a lassúságot, s aki ennek megfelelően több ember helyett dolgozott és alkotott, és akit az egész világ szakmai közvéleménye jól ismert, mindig szeretettel, elismeréssel emlékezünk.

Wirth E.

✕

NÉMET METEOROLÓGIAI NAPOK, 1983

A Német Meteorológiai Társaság 100 éves évfordulóját ünnepelte, 1983. május 16.–19. között, Bad Kissingenben. A Magyar Meteorológiai Társaság képviselőjében Szász Gábor professzor a Társaság elnöke volt jelen. Meghívott, hivatalos küldöttként a rangos tudományos ülésen Kozák Béla az OMSZ elnökhelyettese, Böjti Béla tudományos osztályvezető képviselték az Országos Meteorológiai Szolgálatot.

A megnyitóünnepség üdvözlő szónoka Siegfried Uhlig a Német Meteorológiai Társaság vezetője volt. Prof. Dr. F. Wippermann ünnepi előadása után került sor az Alfred Wegener-küldetés és a nivódíjak átadására. Szász Gábor a Magyar Meteorológiai Társaság nevében köszöntötte, több mint 600 hallgató előtt a kongresszust.

A négynapos rendezvény három nagy témakörben folytatta munkáját: az éghajlat kutatás, a biometeorológia és az időjárás előrejelzése. Az 52 előadás és az 50 poster-előadás igen nagy érdeklődés mellett zajlott le. Szász Gábor „Klimapotentiale und Landwirtschaftliche Pflanzenproduktion in Ungarn” címmel tartott, igen tartalmas előadást. A szolgálat küldöttje, Böjti Béla „Sturmwarnung am Balaton” című előadását diákkal illusztrálta. A téma bemutatásához a szolgálat nyomdájában készült poster is nagy segítséget nyújtott.

A Német Meteorológiai Szolgálat május 20-án lehetőséget biztosított Böjti Bélának az Offenbachi központ megtekintésére.

A „Német Meteorológusok Napja” 1983 rendezvény sorozatot az igen magas szakmai igényesség, és a jól szervezett munka jellemezte.

A magyar meteorológusok nevében sok sikert kívánunk a 100 éves évfordulóját ünneplő Német Meteorológiai Társaságnak.

Kozák Béla

SZERZŐINK FIGYELMÉBE

NOTES TO THE AUTHORS

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

Címzés: 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 értelemszerűen fejezetekre tagolandó.

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

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

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

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

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

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

Papers will be subjected to constructive criticism by unidentified literary advisers.

The manuscript should meet the following formal requirements:

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

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

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

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

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

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

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

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT FOLYÓIRATA
A szerkesztésért felel: dr. Szepesiné Lőrincz Anna

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

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



83. 1699 Athenaeum Nyomda, Budapest — Íves magasnyomás
Felelős vezető: Szlávik András vezérigazgató

INDEX: 26 361

HU ISSN 0324—6329