IDŐJÁRÁS

ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT

SZERKESZTŐ BIZOTTSÁG:

AMBRÓZY P. (Budapest), ANTAL E. (Budapest), BAUR, F. (Bad Homburg), BESSEMOULIN, M. J. (Paris), BOSSOLASCO, M. (Genova), BÖHME, W. (Potsdam), BUDYKO, M. I. (Leningrad), ČADEŽ, M. (Beograd), DAVITAJA, F. F. (Tbiliszi) DONEAUD, A. (Bucureşti), GÖTZ G. (Budapest), GULYÁS O. (Budapest), KONČEK, M. (Bratislava), LOGVINOV, K. (Kijev), MÄDE, A. (Halle/Saale), MÉSZÁROS E. (Budapest), VAN MIEGHEM, J. (Bruxelles), NGUYEN-XIEN (Hanoi), OKOLOWICZ, W. (Warszava) PASZYNSKI, J. (Warszava), PÉCZELY GY. (Budapest), RÁKÓCZI F. (Budapest), STEINHAUSER, F. (Wien), STELCZER K. (Budapest), SZEPESI D. (Budapest), TAKEUCHI, K. (Osaka), TUVDENDORZS, D. (Ulan-Bator), VARGA-HASZONITS Z. (Budapest), VITEK, V. (Praha), WHITE, R. M. (Rockville).

ELNÖK:
BODOLAI I. (BUDAPEST)

SZERKESZTŐ:
LŐRINCZ A. (BUDAPEST)

82. ÉVFOLYAM
1978

BUDAPEST 1979

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT HIVATALOS LAPJA
A szerkesztésért felel: dr. Szepesiné Lőrincz Anna
Kiadja a Lapkiadó Vállalat, Budapest VII., Lenin körút 9—11. Telefon: 221-285.
Levélcím: Budapest, Pf. 223 1906
Felelős kiadó: Siklósi Norbert igazgató
INDEX: 26 361

78.3684 Athenaeum Nyomda, Budapest — Íves magasnyomás
Felelős vezető: Soproni Béla vezérigazgató

82. kötet (1978. évfolyam)

TARTALOMJEGYZÉK

I. Önálló nagyobb dolgozatok

Anand Reddy, K. (—Venkatachari) Hayderabad, India: Búzaállomány tényleges evapotranspirációja és ennek összefüggése a tapasztalati formulákra alapozott becslésekkel (angol nyelven) .. 225

Antal Emánuel: Az éghajlati erőforrás és mezőgazdasági jelentősége 78

Antal Emánuel: A mezőgazdaságnak nyújtott meteorológiai szolgáltatás hatékonysága 249

Czelnai Rudolf: A légköri és a szoláris erőforrások kutatása és feltárása 185

Császár Margit (—Csuri): Élő szervezetben mért szerotonin és a meteorológiai tényezők változása..... 31

Csuri Júlia (Császár): Élő szervezetben mért szerotonin és a meteorológiai tényezők változása 31

Dévényi Dezső (Lugina): Nyomási mezők anizotrópia figyelembevételével meghatározott, háromdimenziós, térbeli statisztikai szerkezete (angol nyelven).... 121

Dobosi Zoltán: A Föld-légkör rendszer sugárzási egyenlege és a klímaövek eltolódása (angol nyelven)..... 257

Endrődi Gabriella: A burgonya optimális evapotranspirációja és csapadékellátottsága Magyarországon 89

Füri József (—Kozma): A csemegeszőlő hő- és vízigénye 162

Götz Gusztáv: Az első globális GARP-kísérlet összetett megfigyelő rendszere... 267

Götz Gusztáv: A hidrosztatikai instabilitás fő típusai és a konvektív mozgások kitüntetett módozatai a légkörben..... 325

Hesek, F. (Prága): A légszennyeződés matematikai modellezésének továbbfejlesztése (angol nyelven) 148

Horváth László (—Mészáros): A kén-dioxid — szulfát átalakulás kinetikai paramétereinek meghatározása légköri mérések alapján (angol nyelven) 58

Horváth László: A csapadékvíz kémiai összetétele és a légköri nyomanyagok depozíciója Budapesten..... 211

Kasina, S. (Krakkó): A légköri kénháztartás Krakkóban (angol nyelven)..... 320

Kozma Ferenc (—Tóth): Módszer a Fertő tó párolgásának számítására az „A" kád adataiból 153

Kozma Ferenc (—Füri): A csemegeszőlő hő- és vízigénye 162

Lugina, K. M. (—Dévényi): Nyomási mezők anizotrópia figyelembevételével meghatározott, háromdimenziós, térbeli statisztikai szerkezete (angol nyelven)... 121

Mäde, A. (Halle/Saale): Az agrometeorológia feladatai és problémái..... 63

Mészáros Ernő (—Horváth): A kén-dioxid — szulfát átalakulás kinetikai paramétereinek meghatározása légköri mérések alapján (angol nyelven)..... 58

Mészáros Ernő (—Renoux, —Tymen): Természetes légköri rádióaktivitás ... 192

Mészáros Ernő (—Paugam, —Renoux): A légkör elektromos állapota és az aeroszol részecskék tulajdonságai 348

Miskolci Ferenc: A teljes ózontartalom meghatározása műholdas mérésekből.. 97

Nárai Katalin: A turbulens szóródás mértéke hosszú sorozatú terepmérésből ... 137

Olberg, M. (Berlin): A horizontális szélvektor statisztikai entrópiája Potsdamban (német nyelven) 17

Oross Gábor (—Vas): A Föld évi csapadékának trendjellegű változása 130

Oross Gábor (—Vas): A Föld évi csapadékának periódikus változásai 354

Ozorai Zoltán: Magaslégköri adatok minőségellenőrző programjának felépítése és működése 362

Paugam, J. Y. (— Mészáros, — Renoux): A légkör elektromos állapota és az aeroszol részecskék tulajdonságai 348

Péczely György: A Csendes-óceán trópusi övezetének csapadékingadozásai (angol nyelven) 1
Posza István: Az időjárás hatása a műtrágyázott kukorica terméseredményére .. 158
Práger Tamás: Hidrodinamikai módszer a Kárpát-medence időjárásának finomfelbontású előrejelzésére I. 200
Práger Tamás: Hidrodinamikai módszer a Kárpát-medence időjárásának finomfelbontású előrejelzésére II. 263
Rákóczi Ferenc (—Szalay): A mezo-skálájú cellás konvekció 340
Renoux, A. (—Mészáros, —Tymen): Természetes légköri radioaktivitás 192
Renoux, A. (—Mészáros, — Paugam): A légkör elektromos állapota és az aeroszol részecskék tulajdonságai 348
Szalay Gabriella (—Rákóczi): A mezoskálájú cellás konvekció 340
Tóth Erzsébet (—Kozma): Módszer a Fertő tó párolgásának számítására az „A" kád adataiból 153
Tymen, G. (—Mészáros, —Renoux): Természetes légköri radioaktivitás 192
Vas Zoltán (—Oross): A Föld évi csapadékának trendjellegű változása 130
Vas Zoltán (—Oross): A Föld évi csapadékának periodikus változása 354
Venkatachari, A. (—Anand Reddy): Hayderabad, India: Búzaállomány tényleges evapotranspirációja és ennek összefüggése a tapasztalati formulákra alapozott becslésekkel (angol nyelven) 225
Vu Boi Kiem (Hanoi): Az észak-vietnami monszunos és monszun mentes időszakok, valamint az ázsiai téli, közép-troposzférikus cirkuláció közötti kapcsolat vizsgálata korrelációs mezők alkalmazásával (angol nyelven) 313

II. Önálló kisebb dolgozatok

Borbély Edit: Tervezet a légkör középső rétegének kutatására 44
Faragó Tibor: Néhány megjegyzés a surlódásos áramlás sebességéről 41
Major György: Az új sugárzási skála és a világ sugárzási adatainak egységesítése 230
Mersich Iván: Megjegyzések és kiegészítések Szabó Éva „Hűtőtornyok hatása a levegőkörnyezetre" c. cikkéhez..... 371
Simon Antal: Monszun '77 — Kutatóút az Indiai-óceánon 35
Szabó Éva: Hűtőtornyok hatása a levegőkörnyezetre 103
Tänczer Tibor: A műholdas meteorológiai adatszolgáltatás fejlődése 168

III. Irodalom

a) belföldi

Gandin, L. Sz.—Zahariev, V. I.—Czelnai Rudolf: Meteorológiai mezők statisztikai szerkezete *(Gulyás Ottó)* 374
Kádár László: Acta geographica et meteorologica Debrecina *(Kéri Menyhért)*... 114
Mészáros Ernő: A levegőkémia alapjai *(Béll Béla)* 233
Várkonyi Tibor: A légszennyeződés *(Szepesi Dezső)* 113

b) külföldi

Arbeiten aus der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Heft 1—28. *(Kéri Menyhért)* 375
Hentschel, G.: Az ember bioklímája *(Lőrincz Anna)* 374
Kraus, E. B.: A légkör és az óceán kölcsönhatása *(Felméry László)* 111
Reuter, H.: Az időjárás előrejelzése *(Rákóczi Ferenc—Dunkel Zoltán* 111
Zuev, V. E.: A légkör lézeres szondázása *(Dombai Ferenc)* 112

Ambrózy Pál: Tanácskozás az éghajlatingadozásokról 119
Ambrózy Pál: A Meteorológiai Világszervezet Légkörtudományi Bizottságának (WMO-CAS) VII. ülése Manilában.... 176
Ambrózy Pál: Az éghajlati világkonferencia előkészítése 236
Ambrózy Pál: Együttműködési szerződés a Központi Statisztikai Hivatallal..... 311
Ambrózyné Mohácsi Mária: A. Nyberg IMO díjas 300
Antal Emánuel: A népgazdaság hidrometeorológiai kiszolgálása 242
Bártfai Erzsébet: Biometeorológiai témaértekezlet Berlinben 118
Béll Béla: A szlovák hidrometeorológiai szolgálat új létesítményeinek ünnepélyes átadása 117
Béll Béla: Az MTA 1978. évi közgyűlése.. 235
Béll Béla: A szocialista országok tudományos akadémiáinak földtudományi együttműködése 239
Béll Béla: Aujeszky László 75 éves 302
Bodolai István: Európai hidrológiai konferencia 50
Bodolai István: Az MTA Meteorológiai Tudományos Bizottságának ülése 115
Bodolai István: A tudományos kutatásokat koordináló munkacsoport VIII. ülése 183
Bodolai István: Mennyiségi csapadékelőrejelzések megindítása 300
Bozó Pál: A. Mäde az MMT tiszteleti tagja 51
Bozó Pál: Róna Zsigmond ifjúsági kör az MMT-ben 55
Bozó Pál: Az MMT választmányi ülése.. 56
Császár Margit: A sugárzási energia és a világ energiaigénye 183
Dávid Aranka: Az MMT agrometeorológiai szakosztályának ülése Kecskeméten 55
Dévényi Dezső: Numerikus modellező szakértői ülés Prágában 52
Dévényi Dezső: Adatfeldolgozási szakértői ülés Szófiában 242
Dévényi Dezső: A légköri folyamatok modellezésének elvei 245
Dunay Sándor: Az MMT Agrometeorológiai Szakosztályának előadói ülése Keszthelyen 307
Faragó Tibor: A Meteorológiai Tudományos Bizottság GARP-albizottsága ... 56
Faragó Tibor: Az MTA Meteorológiai Tudományos Bizottság GARP-albizottságának ülése 116
Faragó Tibor: Az MMT Róna Zsigmond ifjúsági körének ülése 184
Faragó Tibor: Számítástechnikai szakértők értekezlete 243
Faragó Tibor: A GARP albizottságának ülése 247
Farkas Amália: Szakértői értekezlet a csapadékmérés módszertanáról 182
Feketéné Nárai Katalin: Szakértői értekezlet Bratislavában 54
Götz Gusztáv: A GARP hegyhatásokkal foglalkozó alprogramjának első tervező értekezlete Velencében 48
Götz Gusztáv: Magyar szakember az FGGE norrköpingi adatközpontjában 116
Kakas József: A Magyar Földrajzi Társaság vándorgyűlése 306
Kapovits Albert: A globális megfigyelő alaprendszer munkacsoportjának ülése 181
Kapovitsné Róth Renáta: Interkozmosz konzultáció Moszkvában 49
Kassai Béla: Távközlési szakértői értekezlet Szófiában 51
Kéri Menyhért: A termik meteorológiája. 54
Kéri Menyhért: 300 éve született az első hazai műszeres meteorológiai megfigyelések szervezője 54
Kéri Menyhért: Schulhof Ödön 1896—1978 178
Kéri Menyhért: Béll Béla 70 éves 304
Kéri Menyhért: Bánkuti János 1913—1978 306
Kéri Menyhért: Simor Ferenc 1901—1978. 307
Kéri Menyhért: Trópusi útiképek Kubából 312
Kiss Árpád: Az MMT szegedi csoportjának ülése 248
Koltai Tamás: Az FGGE adatkezelő rendszerének kialakításával foglalkozó munkacsoport ülése Norrköpingben 118
Koppány György: Távprognosztikai tanulmányút Angliában 182
Kozák Béla: Jugoszláv—magyar együttműködés a jégesőelhárításban 301
Kozák Béla: Jégverés elleni védelem Olaszországban 309
Lévai István: Aerológiai megfigyelések feldolgozásának automatizálása 308
Lőrincz Anna: Meteorológiai tudományos napok '77 115
Lőrincz Anna: Kormánykitüntetés 311
Major György: A COSPAR XXI. ülése ... 305
Maller Aranka: Tanulmányút a moszkvai középtávú előrejelző osztályon 312
Mészáros Ernő: Felhőmódosító reagensek 50
Mészáros Ernő: M. Ayadi látogatása 51
Mészáros Ernő: A légszennyeződés témaköre az oktatásban 53
Mezősi Miklós: Szimpozion az automata állomásokról Potsdamban 241
Miskolci Ferenc: Az űrkutatási kongreszszus Prágában..... 54
Popovics Mária: Légszennyeződési szakértői ülés Zakopánéban 53
Simon Antal: Műszerek és megfigyelési módszerek egységesítése 245
Szakály József: A meteorológia az emberiség jövőjének szolgálatában — a XVIII. Meteorológiai Világnap 173
Szakály József: Az MMT 46. rendes közgyűlése 178
Szakály József: Előadás a Monszun'77 expedícióról az MMT-ben 184

Szakály József: Az MMT választmányának ülése 246
Szalma János: Az MMT Repülésmeteorológiai Szakosztályának előadóülése 246
Szepesi Dezső: A COSAMC VII. ülése Genfben 236
Szucsák Valéria: Építészet-klimatológiai értekezlet Leningrádban 311
Tänczer Tibor: A METEOSAT fellövése.. 180
Tänczer Tibor: Az űrkutatási munka csoport ülése Plovdivban 244
Tóth Pál: Előrejelzési tanulmányút Franciaországban 119
Tölgyesi István: Éghajlati világkonferencia Genfben 299
Tölgyesi István: A WMO Végrehajtó Bizottságának XXX. ülése 303
Vissy Károly: A szinoptikus és repülésmeteorológiai munkacsoport ülése Potsdamban 243
Vissy Károly: Meteorológiai információk komplex felhasználása 244
Wágner Magdolna: RGK ülés Bukarestben 241
Walkovszky Attila: Agrometeorológiai tanulmányút a Szovjetunióban 311
Wirth Endre: Jégeső elleni védelem Olaszországban 309
Wirth Endre: Jégeső elleni védelem Tuneziában 310
Zách Alfréd: Božidar Kirigin 1921—1977. 52

TÁRGYMUTATÓ[1]

Acta G. et M. Debrecina 114*
Adatfeldolgozás automatizálása 308, 362
Aerológiai obszervatórium Poprádon 117, 308
Aeroszol-kutatás lézerrel 112*
Aeroszol-részecskék 58, 198, 348
Aeroszol-részecskék kimosódása 211
Agrometeorológia feladatai 63
Anizotrópia 111
Atmoszféra szerkezete 44
Aujeszky L. 75 éves 302
Ausztria éghajlata 375*
Automata állomási szimpózium Potsdamban 241
Ayadi, M. látogatása 51
Ázsiai monszun 313

Bánkuti J. emlékezete 306
Béll B. 70 éves 304
Bioklíma 374*
Biometeorológia 31, 118
Budapesti csapadék kémiája 211
Burgonya evapotranspirációja 89
Búzaállomány evapotranspirációja 225

Cellás szerkezetű cirkuláció 340
COSPAR-ülés Innsbruckban 305
Csapadék évi változása 130, 354
Csapadék mennyiségi előrejelzése 300
Csapadékellátottság 84
Csapadékingadozás 1
Csapadékmérés módszertana 182
Csapadéknövelés 50
Csapadékvíz vegyi összetétele 211
Csemegeszőlő hőigénye 162
Csendes-óceán csapadéka 162
Dési Frigyes emlékezete 57
Domborzat és légáramlás 48

Éghajlati erőforrás 78
Éghajlati változások 44, 119
Éghajlati Világprogram 236, 299
Egyenlítői övezet csapadékingadozása 1
Elektromos térerő a légkörben 348
Ember bioklímája 374*
Entrópia 17
Építészet-klimatológia 311
Evapotranspiráció 83, 89, 158, 162, 225

Felhőmagvasítás 50
Fertő tó párolgása 153
Föld évi csapadéka 130, 354
Francia meteorológiai szolgálat 119

GARP-program 35, 48, 56, 116, 118, 180, 181, 247, 276
Gensel János Ádám 54
Geostacionárius műholdak 283

Hatékonysági index 249
Hidrodinamikai előrejelző módszer 200, 263
Hidrometeorológia 50, 182, 242
Hidrosztatikai instabilitás 325
Horizontális áramlás sebessége 41
Horizontális szélvektor 17
Hűtőtornyok környezeti hatása 103, 371

Időjárás előrejelzése a Kárpát-medencében 200, 263
Időjárás-módosítás 50
Indiai-óceáni monszun 35
Instabilitás 325
INTERKOZMOSZ-konzultáció Moszkvában 49

Jégeső-elhárítás Jugoszláviában 301
Jégeső-elhárítás Olaszországban 309
Jégeső-elhárítás Tunéziában 310

Kárpát-medence időjárása 200, 263
Kén-dioxid koncentráció a légkörben 58, 145, 320
Kéntartalom Krakkó levegőjében 320
Kirigin B. emlékezete 52
Klímaövek eltolódása 257
Klimatológiai munkabizottság bukaresti ülése 241
Konvektív mozgás 325, 340
Koppány Gy. angliai tanulmányútja 182
Kormánykitüntetés 311
Kozmikus sugárzás 192
Környezetvédelem 103, 137, 190, 371
KSH—OMSZ együttműködés 311
Légáramlás 17, 41, 313
Légáramlás és a hegyek 48
Légkör és óceán kölcsönhatása 111*
Légkör középső rétege 44
Légkör radioaktivitása 192
Légköri erőforrások 185
Légköri folyamatok modellezése 245

A tárgymutatóban* = könyvismertetés

Légköri stabilitás 137, 263
Légszennyeződés 53, 113*, 137, 148, 211, 320
Légszennyeződés előrejelzése 148
Légszennyeződés matematikai modellezése 148
Levegő elektromos vezetőképessége 348
Levegőkémia 58, 233*
Lézeres légkörkutatás 112*

Magyar Földrajzi Társaság vándorgyűlése 306
Magyar Meteorológiai Társaság
— agrometeorológiai szakosztálya 55, 307
— előadó ülései 54, 183, 184, 312
— 46. közgyűlése 178
— repülésmeteorológiai szakosztálya 54, 246
— szegedi csoportja 248
— választmányának ülése 56, 246
Magyar Tudományos Akadémia
— közgyűlése 235
— meteorológiai tudományos bizottsága 56, 115, 116, 247
Maller A. J. moszkvai tanulmányútja 312
Mäde, A. az MMT tiszteleti tagja 51
Meteorológiai információk felhasználása 244
Meteorológiai mezők statisztikai szerkezete 121, 374*
Meteorológiai szolgáltatás hatékonysága 249
Meteorológiai Világnap 173
Meteorológiai tudományos napok 115
Middle Atmosphere Program (MAP) 44
Monszun Vietnamban 313
Monszun-kísérlet '77 35, 184
Műholdas adatszolgáltatás 168, 180, 276, 305
Műszeregységesítés 245
Műtrágya hatása és az időjárás 158

Napsugárzás 47
Népgazdaság és hidrometeorológia 242
Növényállomány vízfogyasztása 158
Numerikus modellezés 52
Nyberg, A. IMO-díjas 300
Nyomanyagok koncentrációja a légkörben 211, 233*
Nyomási mező szerkezete 121

Olaszországi jégesők 309
Orografikus hatások 48
Osztrák meteorológiai szolgálat 375*
Ózonkoncentráció csökkenése 44
Ózontartalom meghatározása 97, 112*
Öntözővíz-szükséglet 83, 89

Paleoklimatológia 257
Párolgásmérő kádak 153
Periódus-típusok a csapadékban 354
Peru-áramlat 1
Pirheliometrikus skála 230

Radioaktivitás a légkörben 192
Repülőgépes szélmérés 288
Repülésmeteorológia 54, 246
RGSAM-ülés Potsdamban 243
Róna Zsigmond Ifjúsági Kör 55, 184, 245
Schulhof Ödön emlékezete 178
Simor Ferenc emlékezete 307
Sugárzási egyenleg 257
Sugárzási skála 230
Súrlódásos áramlás 41
Statisztikai entrópia 17
Statisztikai szerkezet 121, 374*
Szahel övezet aszálya 257
Számítástechnikai értekezlet Obnyinszkban 243'
Számszerű előrejelzés 52
Szélmegfigyelő hajók 286
Szélsebesség 41
Szélvektor Potsdamban 17
Szerotonin évszakos ingása 31
Szinoptikus kézikönyv 111*
Szlovák hidrometeorológiai szolgálat 117
Szocialista országok meteorológiai szolgálatainak együttműködése 49, 51, 52, 53, 118, 182, 183, 241, 242, 243, 244, 245, 311
Szocialista országok tudományos akadémiáinak együttműködése 239
Szőlőfajták vízigénye 162

Távközlési értekezlet Szófiában 51
Terepklimatológia 69
Természeti erőforrások 185
Transpirációs vízhiány 165
Trópusi övezet csapadéka 1
Trópusközi konvergencia-zóna 35
Tudományos kutatásokat koordináló munkacsoport (RGKNIR) ülése
— Budapesten 183
— Leningrádban 311
— Plovdivban 244
— Potsdamban 244
— Pozsonyban 53
— Prágában 52
— Szófiában 242
Turbulens szóródás 137

Űrkutatás 54, 168, 180, 244

Velencei GARP-értekezlet 48
Vietnami monszunos időszakok 313

Walkovszky A. tanulmányútja 311
WMO
— alaprendszerek bizottsága 181
— CoSAMC-bizottsága 236
— éghajlati világkonferenciája 236, 299
— hidrológiai konferenciája 50
— légkörtudományi bizottsága 176
— légszennyezési konferenciája 53
— végrehajtó bizottsága 303
Würm-glaciális éghajlata 257

IDŐJÁRÁS

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT HIVATALOS LAPJA

TARTALOM

Péczely György: A Csendes óceán trópusi övezetének csapadékingadozásai (angol nyelven) 1

Olberg, M.: A horizontális szélvektor statisztikai entrópiája Potsdamban (német nyelven) 17

Csuri I. Júlia—Császár Margit: Élő szervezetben mért szerotonin és a meteorológiai tényezők változása 31

Simon Antal: Monszun'77 — Kutatóút az Indiai óceánon 35

Faragó Tibor: Néhány megjegyzés a súrlódásos áramlás sebességéről 41

Borbély Edit: Tervezet a légkör középső rétegének kutatására 44

Krónika 47

CONTENTS

Péczely, G.: Fluctuation of Precipitation in the Tropical Zone of the Pacific (in English) 1

Olberg, M.: The Statistical entrophy of the horizontal wind vector in Potsdam (in German)..... 17

Csuri, I. J.:—Császár, M.: Biogenic Amines Measured in Living Organisms and changes of meteorological elements.... 31

Simon, A.: Monsoon-'77, Research expedition on the Indian Ocean 35

Faragó, T.: Some Remarks on the Velocity of Flow with Friction 41

Borbély, E.: Middle Atmosphere Program (MAP) 44

Chronicle..... 47

82. ÉVF. ★ 1. SZÁM ★ 1978. JANUÁR—FEBRUÁR

IDŐJÁRÁS

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

SZERKESZTŐ BIZOTTSÁG – EDITORIAL BOARD:

AMBRÓZY P. (Budapest)
ANTAL E. (Budapest)
BAUR, F. (Bad Homburg)
BESSEMOULIN, M. J. (Paris)
BOSSOLASCO, M. (Genova)
BÖHME, W. (Potsdam)
BUDYKO, M. I. (Leningrad)
ČADEŽ, M. (Beograd)
DAVITAJA, F. F. (Tbiliszi)
DONEAUD, A. (Bucuresti)
GÖTZ G. (Budapest)
GULYÁS O. (Budapest)
KONČEK, M. (Bratislava)
LOGVINOV, K. (Kijev)
MÄDE, A. (Halle/Saale)
MÉSZÁROS E. (Budapest)
VAN MIEGHEM, J. (Bruxelles)
NGUYEN-XIEN (Hanoi)
OKOLOWICZ, W. (Warszawa)
PASZINSKY, J. (Warszawa)
PÉCZELY GY. (Szeged)
RADINOVIĆ, D. (Beograd)
RÁKÓCZI F. (Budapest)
ŠAMAJ, F. (Bratislava)
STEINHAUSER, F. (Wien)
STELCZER K. (Budapest)
SZEPESI D. (Budapest)
TAKEUCHI, K. (Tokio)
TUVDENDORZS, D. (Ulan-Bator)
VARGA-HASZONITS Z. (Budapest)
VITEK, V. (Praha)
WHITE, R. M. (Rockville)

ELNÖK – CHAIRMAN OF THE EDITORIAL BOARD:
BODOLAI I. (Budapest)

SZERKESZTŐ – EDITOR: LŐRINCZ ANNA (Budapest)

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

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 82. évf. 1. szám. 1978. jan.—febr.
Journal of the Meteorological Service, Vol. 82. No 1 January-February 1978 Budapest

Fluctuation of Precipitation in the Tropical Zone of the Pacific

G. PÉCZELY, *Chair of Climatology, József Attila University, Szeged*

A Csendes-óceán trópusi övezetének csapadékingadozásai. A tanulmány a Csendes-óceán trópusi övezetében lezajló szélsőséges csapadékingadozások térbeli rendszerének részletes bemutatása és a Föld különböző klímaterületeinek csapadékváltozásaival fennálló kapcsolatok elemzése után *(1., 3., 4., 5. ábrák, I. táblázat)* a jelenség okainak megvilágításával foglalkozik. A Csendes-óceán keleti térségéből rendelkezésre álló vízhőmérséklet adatok alapján kimutatható, hogy az egyenlítői övezet csapadékingadozásai a Peru-áramlat egyenlítői szakaszán és a dél-egyenlítői-áramlat hideg keleti szakaszán lezajló vízhőmérséklet változásokkal mutatnak szoros kapcsolatot *(II., III., IV. táblázat, 6., 7. ábrák)*. Elemzi a tanulmány a Csendes-óceán trópusi övezetének csapadékeloszlási típusait *(V., VI., VII. táblázat)*, majd további kapcsolatokat mutat be a Csendes-óceán fölötti cirkuláció és az egyenlítői övezet csapadékváltozásainak viszonylatában *(8. ábra, VIII., IX. táblázat)*.

✳

Колебания атмосферных осадков в тропической зоне Тихого океана. После подробного описания территориальной системы экстремальных колебаний атмосферных осадков и анализа ее связей с изменениями осадков в различных климатических зонах Земли (*рис. 1, 3, 4, 5, табл. I*), в работе рассматриваются причины этого явления. По имеющимся данным о температуре воды восточной части Тихого океана можно показать, что колебания климата экваториальной зоны тесно связаны с изменениями температуры воды, происходящими в экваториальной зоне Перуанского течения и в холодной восточной части южного экваториального течения (*таблицы II, III, IV, рис. 6, 7*). Анализируются типы распределения осадков в тропической зоне Тихого океана (*таблицы V, VI, VII*), и рассматриваются дополнительные связи между циркуляцией над Тихим океаном и изменениями осадков в экваториальной зоне (*рис. 8, таблицы VIII, IX*).

✳

1. Introduction

It is known for some time, that, in the tropical zone of the Pacific, the annual amount of precipitation is exhibiting, from year to year, very large fluctuations, extremely dry years being followed by extremely wet ones [1]. In order of illustrating this extreme behaviour, we are presenting for some characteristic stations, situated in the zone 10°N to 10°S of the Pacific, the highest and lowest annual precipitations which occurred during the period 1951 to 1960. The quotient of highest and lowest precipitations during this decade varied from 5 to 16, moreover, on the station which is possessing the longest series of observations in the area, Ocean Island, this quotient has for the period 1903 to 1970 the value of 18 *(Table I.)*. In the continental areas of

the temperate region having relatively capricious precipitation conditions, this quotient is varying between the values 2.5 and 4.

This extremely high fluctuation of precipitations is, according to the observations, exhibited on a very large area, from about the Nauru Island (167°E) to the shores of Ecuador and northern Peru (75–80° W), that is, to a length of 13 000 kilometres along the Equator, and appears mostly in a synchronic

TABLE I – I. TÁBLÁZAT

Extreme values of the annual precipitation amount [mm]. A csapadék évi összegeinek szélsőségei [mm]

Station	Longitude	Periode	Max.	Year	Min.	Year	Ratio
Ocean Island	170°E	1903–1970	4448	1919	247	1950	1 : 18,01
Ocean Island	170°E	1951–1960	3470	1953	375	1956	1 : 9.25
Arorae Island	178°E	1951–1960	2455	1958	448	1956	1 : 5.48
Gardner Island	175°W	1951–1960	2724	1958	561	1954	1 : 4,86
Christmas Island	157°W	1951–1960	1571	1958	174	1954	1 : 9.03
San Cristobal	90°W	1951–1960	1424	1953	91	1960	1 : 15.65

way, that is, in this large tropical region, having a langth of nearly one third of the whole length of the Equator, wet and dry years are presenting themselves according to one and the same rhythm.

In the course of the past decade, a rather copious amount of observations had been published from the Pacific region in the field of precipitation data and data of maritime climatology. The analysis of this material is yielding further possibilities for a more detailed description of this phenomenon, which could be called the largest weather phenomenon of the world, and for the detection of its mechanism.

2. Geographical Regime of the Variability of Precipitation

The basic features of the areal distribution of extremely high variability in precipitations is already shown by a network possessing a rather low density [1, 2]. In order of a more detailed investigation of the structure of precipitation variability, we determined, for 78 stations situated between the latitudes 35°N and 35°S, and the longitudes 140°E and 70°W, from precipitation amounts in the years 1951–1960, the value of the variation coefficient

$$C_v = \sigma / M$$

That is, the scatter σ of the annual precipitation amounts as expressed in units of the mean annual precipitation amount M *(Fig. 1)*. The variation coefficient has its highest value on a narrow band around the Equator in a width of 5 to 8 degrees of meridian (600 to 900 kilometres), where, from the longitude 165°E to the shores of South America, everywhere values of 0.50 to 0.75 are found, and further, it can be followed to the shore of Central Chile, where C_v is at some places even higher than 0.75. It is worth while to cite some characteristic values, such as: Ocean Island, 0.62; Gardner Island, 0.53; Canton Island, 0.55; Christmas Island, 0.53; San Cristobal (Galapagos Islands), 0.79; Coquimbo in Central Chile, 0.81. It will be noted, that the desertic zone on the shores of Peru and Northern Chile has been omitted from this analysis, as in the case of an annual

precipitation lower than 100 mm, the value of C_v suffers an irrealistic distortion.

The geographical distribution of high precipitation variability is exhibiting a coincidence with the cold Peru current proceeding along the western shores of America and turning to the west at the Equator, or respectively, with its continuation, the Southern Equatorial current, the eastern sector of which is a similarly cool one. It appears, that the zone of high precipitation variability

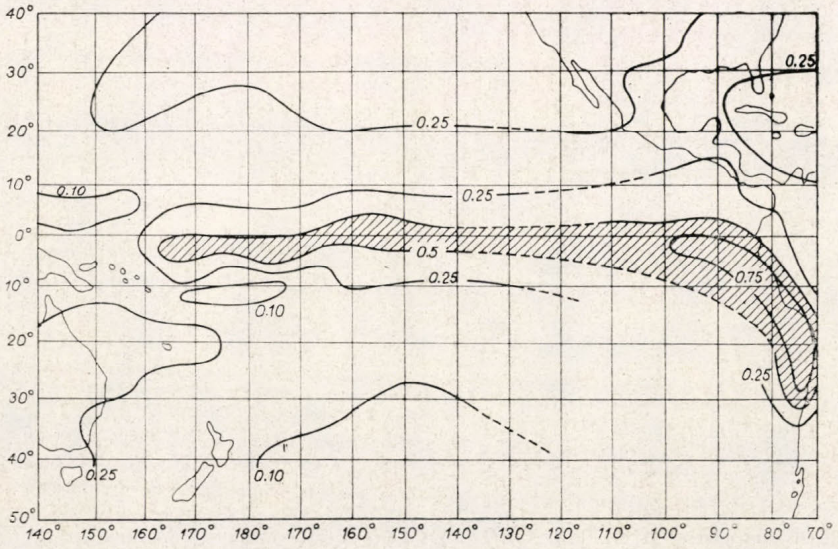


Fig. 1: Variation factor C_v of annual precipitation amounts
1. ábra: Évi csapadékösszegek C_v variációs tényezője

is formed in the region of influence of this current (at least in the eastern half of the Pacific). It is well known that cold maritime currents have the effect of cooling constantly the air from downward, they are producing a permanent stable condition of quilibrium and, in this way, they are inducing shortage in precipitation. On the other hand, the abundant precipitation occurring in some years, causing the high variability in precipitation, is indicating, that on the equatorial sector of the Peru current and, respectively, on the cold eastern sector of the Southern Equatorial current, essential variations of temperature are occurring; the cold character of the currents in the equatorial region is, during some periods, becoming blurred or disappears almost entirely.

This is well supported by the highest and lowest monthly mean water temperatures observed during 10 years (1961 – 1970) at the station 60005 (2°S, 107°W), reproduced in *Table II* [3] which are indicating an extraordinarily

TABLE II II. TÁBLÁZAT

Extreme values of monthly water temperature, centigrades. Station 60005, 1961 – 1970. A vízhőmérséklet havi közepeinek szélsőségei, C°. 60005 számú mérőhely, 1961 – 1970.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Max.	26.0	26.1	27.2	27.4	27.3	26.0	24.5	24.4	24.4	24.2	24.2	25.0
Min.	20.0	23.5	25.0	25.1	23.7	23.2	21.0	20.1	19.7	19.9	20.5	20.4
△	6.0	2.6	2.2	2.3	3.6	2.8	3.5	4.3	4.7	4.3	3.7	4.6

high variation of water temperature in the surroundings of the site in question On the basis of the data series of monthly mean water temperatures from the period 1961 – 1970 [3] we are possessing the possibility to carry out a regional analysis of temperature variations as well. In order to do this, we determined,

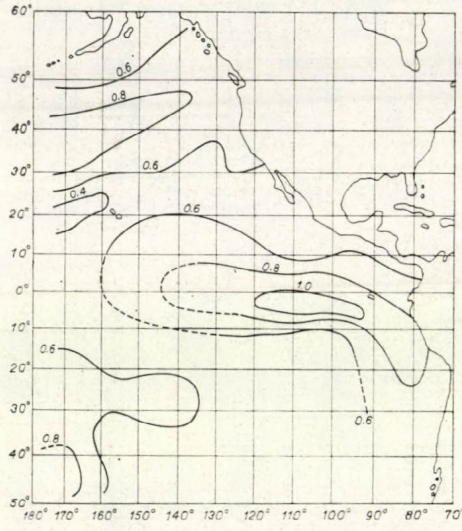


Fig. 2: Averages catter of water temperatures, centigrade
2. ábra A vízhőmérséklet átlagos szórása, C°

for 31 observation sites, the scatter of the mean water temperatures, and on this basis, we computed arithmetical means of the scatter values of the 12 months and plotted these values on a chart *(Fig. 2)*. From this figure, it is seen distinctly, that the highest variation of surface water temperature is experienced in the equatorial sector of the Peru current and on the eastern sector of the Southern Equatorial current, and the axes of the areas with a maximum variability of water temperature and of precipitation are coinciding on the southern half of the tropical Pacific.

Analysing the synchronicity of wet and dry periods in the tropical Pacific, we selected two representative stations from the equatorial belt (Ocean Island and Christmas Island) and correlated their precipitations during 1951 – 1960 with the annual precipitation of stations situated in the area limited by the circles of longitude 130°E and 70°W and the circles of latitude 40°N and 40°S. The isometric curves obtained from these correlation coefficients are presented on *Figures 3 and 4*. Although the distance between the two sites of reference is equal to 3700 kilometres, the systems of isocorrelation curves is for both stations essentially the same. This strong positive correlation (that is, the synchronicity of precipitation fluctuations) can be followed along the Equator on a narrow and elongated belt to the shores of South America, as indicated by the location of the rather high value of the correlation coefficient 0,75, which can be regarded, for such a short series of data, as a significant one. It should be noted that the area of high correlation coefficients is extending, on the western shore of South America, to the latitude of 25° – 30°S along the Peru current. Our charts are exhibiting in more detail the well-known fact that southwards from the Equator, in the areas between latitudes 15° and 20°S the wet and dry years are possessing approximatley an opposite phase as compared

to that of the equatorial belt. [1]According to our analysis a similar trend can be observed north to the Equator, in the area located between 15° and 20°N.

Using the annual precipitation amounts observed at Ocean Island during the period 1903—1970, we carried out further investigations of correlation.

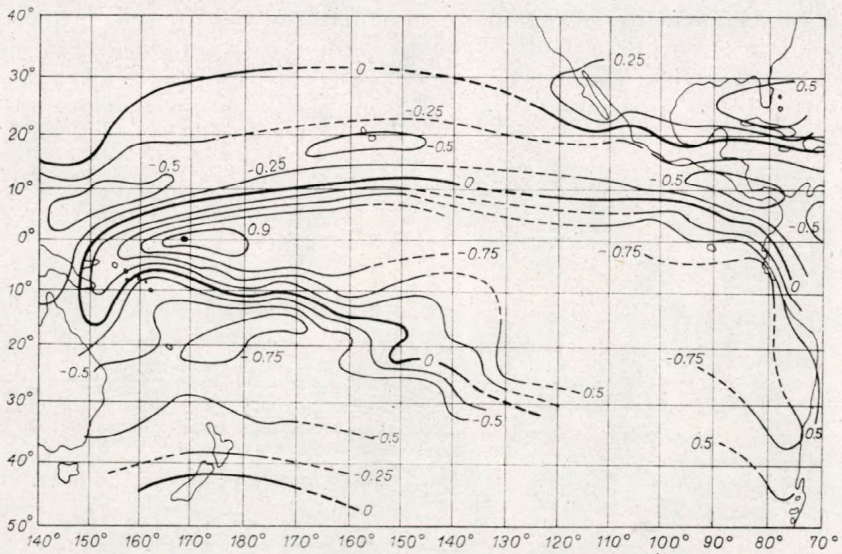


Fig. 3: Correlation between the annual precipitation amount of Ocean Island and the annual precipitation amounts in the area of the Pacific.

3. ábra: Korreláció az Óceán-sziget és a Csendes-óceán térségének évi csapadékösszegei között

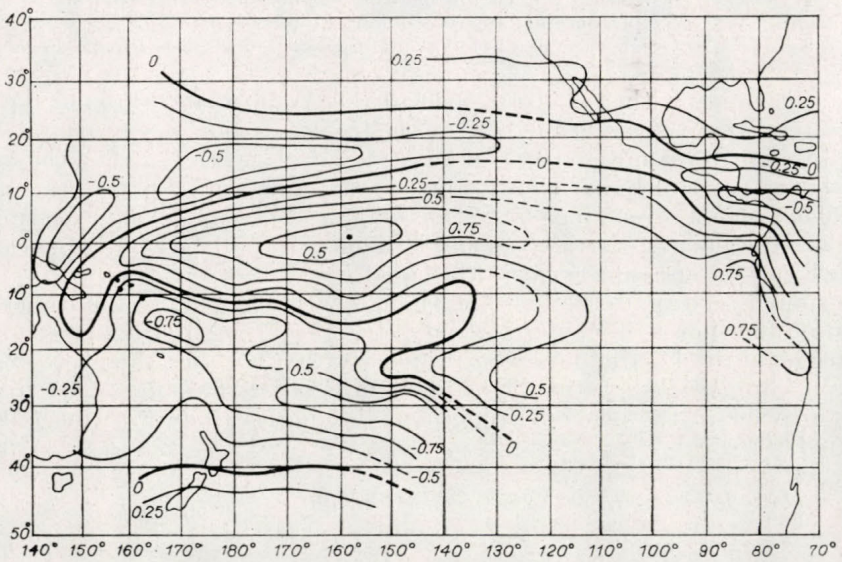


Fig. 4: Correlation between the annual precipitation amount of Christmas Island and the annual precipitation amounts in the area of the Pacific.

4. ábra: Korreláció a Christmas-sziget és a Csendes-óceán térségének évi csapadékösszegei között

We determined correlation coefficients to 120 stations situated in various climatic regions of the Earth, and we plotted on maps the systems of isocorrelational curves *(Fig. 5)*. Without a detailed interpretation of the very characteristic geographical system of the correlation coefficients, we are presenting only some characteristic peculiarities.

A further synchronal region to the equatorial belt of the Pacific can be found in the area of the Gulf of Mexico, while areas exhibiting an opposite phase are located in the northern-northeastern part of South America from Venezuela to the Amazonas estuary. This area of negative correlation is prob-

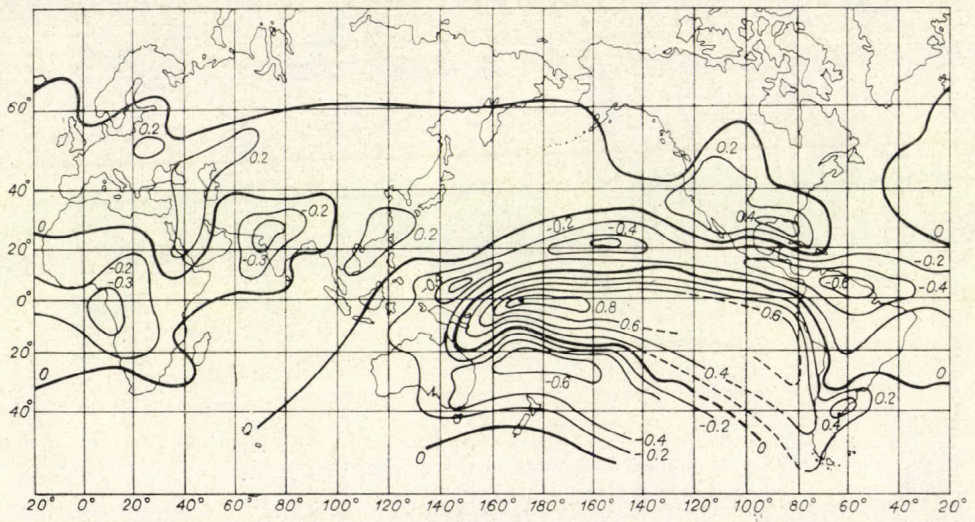


Fig. 5: Correlation between the annual precipitation amount of Ocean Island and the annual precipitation amounts of various areas Earth.
5. ábra: Korreláció az Óceán-sziget és a Föld különböző területeinek évi csapadékösszegei között

ably continuing in the equatorial belt of the Atlantic and through the shore of Western Africa it can be followed to the tropical region of continental Africa. Finally, a greater connected area of negative correlation is found on the western and central parts of India. Thus it appears that an essential part of the tropical belt of our planet is reacting on the fluctuations of precipitation in the equatorial belt of the Pacific. Further is could be assumed, that the cold Benguela current, which is progressing as far as the equatorial belt of the Atlantic, is possessing a similar relation to the well-known high variability of precipitation experienced on the shores of Western Africa [2] as the Peru current is possessing in the region of the Pacific; however, it appears, that between these two systems, an asynchronicity is existing. This problem is possessing an interest from the point of view of the general circulation. Its analysis, however, must be here omitted.

3) Relation Existing between Precipitation Fluctuations and Water Temperatures of the Sea

It is a well-known fact that the precipitation in the equatorial belt of the Pacific is changing in the same sense as the average sea water temperature of the area [4]. In the case of the occurrence of essential positive anomalies of sea

water temperature it can be demonstrated, that the water surface temperature is higher than air temperature measured on the islands, a circumstance which is favourable for the production of convective currents and is leading to frequent and abundant precipitations. On the other hand, in the case of strong negative anomalies of sea water temperature, air temperature is higher, and thus, in the equatorial belt of the Ocean, a temperature inversion is produced in the near-the-ground air layers and precipitation shortage is occurring [5]. In the following, we are pointing out some further peculiarities of this relation.

We investigated the statistical relation existing between the average

TABLE III – III. TÁBLÁZAT

Correlation coefficient (r) between the anomalies of the monthly mean temperature of the water surface and the monthly precipitation anomalies in the equatorial belt of the Pacific. A korrelációs együttható (r) a vízfelszín havi középhőmérsékletének anomáliái és a Csendes-óceán egyenlítői övezetének havi csapadékanomáliái között.* *Incomplete data series.** Hiányos adatsorok

Station	Latitude	Longitude	r
11 611	12,5°N	162,2°W	0,060
14 34	14.5°N	146.0°W	0,090
11 284	19.0°N	126.6°W	0.036
11 130	15.1°N	111.5°W	0.227
11 934	14.0°N	94.9°W	0.164
10 617 *	2.5°N	168.5°W	0.545
10 221 *	3.5°N	122.4°W	0.186
00 814	2.2°N	85.4°W	0.576
60 005	1.7°S	106.5°W	0.584
60 966	7.2°S	97.4°W	0.458
60 692 *	10.4°S	164.0°W	0.240
61 572	18.5°S	153.5°W	−0.007
61 234	14.7°S	125.6°W	0.432
51 728	13.2°S	78.8°W	0.429
51 782 *	19.5°S	73.9°W	0.095

monthly mean temperature of the equatorial belt of the Pacific and the surface water temperatures measured at different sites of the tropical region of the Pacific, extending from 20°N to 26°S and 170°E to 180°W. The average monthly precipitation of the equatorial belt has been represented by the arithmetical mean of the monthly precipitation amounts of the stations Tarawa (1°21'N, 172°56'E, Atuona (9°48'S, 139°02'W), San Cristobal (0°54'S, 89°37'W) and San Lorenzo (1°15'N, 79°00'W). The analysis was confined to the eight years 1962 to 1969. Monthly mean precipitations were expressed in per cents of the 8-year average values of monthly precipitation amounts. This series of data has been correlated to the monthly anomalies of surface water temperature on 15 stations of the mentioned tropical area. The correlation coefficient obtained from 96 pairs of values are contained in *Table III*. As seen from the table, there exists, within the equatorial belt, a statistically significant positive correlation between precipitation and water semperature anomalies, on the 1 per cent significance level, for $n = 96$ cases, $(r) > 0{,}26$ is to be regarded as a significant value. This correlation is strongest in a belt around the Equator with a width of 10 to 15 degrees of meridian, extending from the shores of South America to the longitude 110°W. Both to the north and to the south of this belt, the strength of the correlation is rapidly decreasing and becomes insignificant. Thus, the data are indicating, that

TABLE IV – IV. TÁBLÁZAT

Surface sea-water temperature (T_s) *and the precipitation* (c) *in the equatorial belt.* $1 = \Delta T_s$, *centigrade on station* 60005, $2 = \Delta C$, *per cent, equatorial belt,* $r_{1,2} = 0{,}584$. A felszíni tengervízhőmérséklet (T_s) és az egyenlítői övezet csapadéka. *(c)* $1 = \Delta T_s$ C°, 60005 mérőhely, $2 = \Delta C$ %, egyenlítői övezet, $r_{1,2} = 0{,}584$

M	1962		1963		1964		1965		1966		1967		1969		Average	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Jan	−3,6	−10	0,1	−43	1,4	25	−0,5	−48	2,4	93	−0,2	16	−1,0	−18	23,6	168
Feb	0,0	−42	−0,3	−43	−0,4	−11	0,7	64	0,9	−6	0,1	2	−1,6	27	25,1	157
Mar	0,0	−54	0,3	−29	−0,3	57	1,1	6	−0,3	7	−0,5	−32	−1,1	87	26,1	198
Apr	−0,6	−43	0,7	−41	−1,2	−24	0,6	89	−0,2	−29	−0,1	−12	−0,5	64	26,3	192
Mai	−0,4	−33	0,9	−21	−1,3	−46	2,3	44	−2,5	32	0,1	10	−0,8	78	25,0	103
Jun	−0,4	−33	0,8	−26	−1,5	−50	1,3	56	−0,9	29	−0,1	−45	−0,1	74	24,7	126
Jul	−0,3	−30	0,9	38	−0,8	−63	1,0	50	0,0	14	−0,3	−5	0,6	−12	23,5	123
Aug	0,4	−7	1,3	21	−1,6	−46	2,0	79	−0,6	20	−2,3	−45	0,4	−49	22,4	71
Sep	−1,0	−32	0,7	9	−1,3	−65	2,4	87	−0,5	−5	−2,3	−14	0,6	−8	22,0	78
Oct	−1,3	−68	0,9	61	−1,0	−74	2,2	173	−0,5	−35	−2,1	−38	0,9	−13	22,0	85
Nov	−1,0	−61	1,1	72	−1,5	1	1,7	57	−1,0	45	−1,5	−67	0,8	−29	22,5	76
Dec	−0,7	−53	1,3	39	−2,0	−32	1,9	61	−1,0	5	−1,6	−12	1,0	27	23,1	114

the precipitation amount of the equatorial belt of the Pacific is depending most strongly on the changes of water temperature occurring in the equatorial sector of the Peru current and in the eastern sector of the Southern Equatorial current. The strongest correlation is appearing at the station 60005 which is possessing the highest variability of water temperature. Accordingly, we are *in extense* reproducing the data of this station *(Table IV)*. The data are well illustrating the duration of both of the anomalies, having identical signs, of water temperature and of precipitation. It may be noted, that in the case when anomalies of a period longer than a month are correlated, we are obtaining still higher correlation coefficients, as in this case the less characteristical short-range fluctuations are eliminated from the data series. Thus, for instance, in the case of anomalies averaged for three months, we have, between the precipitation of the equatorial belt and the water temperature at station 60005 a correlation coefficient of 0.765, as compared to the value of 0.584 found for monthly anomalies. By this analysis it is demonstrated, that the length of a month is not sufficient for a temperature anomaly of this duration to exert an influence of the precipitation conditions of the equatorial belt of the Pacific.

The relation existing between water temperature and precipitation will be elucidated by further data. A strong correlation can be demonstrated between the temperature of the water surface and air temperature on the islands or, respectively, on the shore belt. Thus, for instance, at San Cristobal at the Galapagos Islands the correlation coefficient between air temperature and the monthly anomalies of

the water temperature at the surrounding stations 00814, 60005 and 60966 for data from the period 1962 to 1969 is equal to 0.853, thus we obtained a correlation coefficient that indicates a very strong unambiguous relationship. Accordingly, in the analysis of the relation existing between water temperature and precipitation, water temperature may be well replaced by air temperature data, which are available for a greater number of stations.

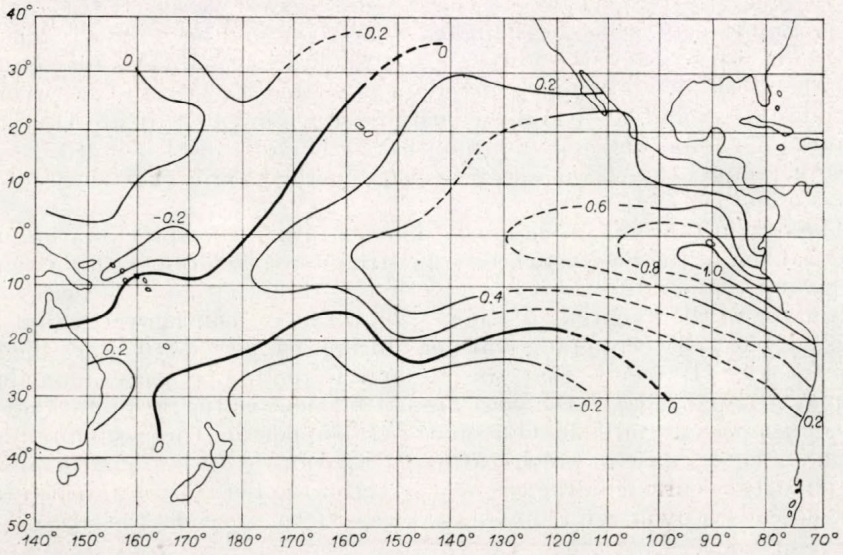


Fig. 6: Average anomalies of air temperature during the wet months of the equatorial belt of the Pacific. *6. ábra:* A léghőmérséklet átlagos anomáliái a Csendes-óceán egyenlítői övezetének csapadékos hónapjaiban

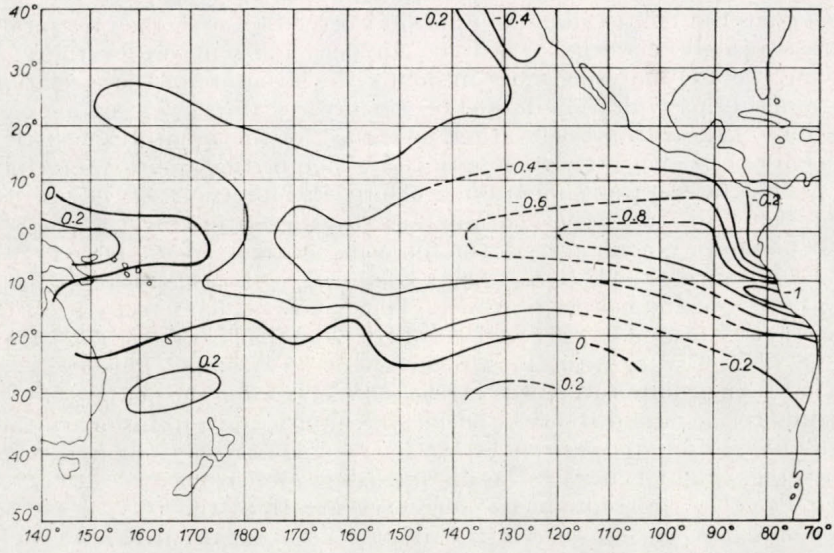


Fig. 7: Average anomalies of air temperature during the dry months of the equatorial belt of the Pacific. *7. ábra:* A léghőmérséklet átlagos anomáliái a Csendes-óceán egyenlítői övezetének csapadékszegény hónapjaiban

On the basis of this consideration, we carried out the following investigation. We determined, for the period 1951 – 1960, the average monthly precipitation of the equatorial belt of the Pacific by using data of the following stations: Ocean Island (0°56'S, 169°35'E); Tarawa (1°21'N, 172°56'E); Arorae (2°40'S, 176°53'E); Gardner Island (4°31'S, 174°34'W); Canton Island (2°44'S, 171°43'W); Fanning Island (3°51'N, 159°22'W), Christmas Island (1°59'N, 157°22'W); San Cristobal (0°54'S, 89°37'W). From this data series, we selected the months, the precipitation of which was higher than 200% of the normal value (wet periods), or, respectively, was lower than 50% of the normal value (dry periods). From the series of air temperature data available for the area between the longitudes 140°E and 70°W and the latitudes 40°N and 40°S (in all, 41 stations) we determined, for wet and dry months of the equatorial belt, the average values of temperature anomalies. By plotting them on a chart, we obtained *Figures 6 and 7*.

These figures are unambiguously demonstrating, that precipitation in the equatorial belt of the Pacific exhibits the strongest correlation with the temperature (water temperature) of a band extending from the shores of Peru toward the Equator to the longitude of about 120° – 130°W. During wet periods, this area is by 0.6 to 1° centigrade warmer, during dry periods, it is by the same amount colder, It seems, that the air and water temperature anomalies of the areas situated more to the west are not influencing the precipitation conditions of the equatorial belt. Our charts are supporting the assumption, that the fundamental cause of precipitation fluctuations is to be found in temperature changes occurring in the tropical sector of the Peru current, which themselves are caused by actual rising of cold water from great depths.

4. Types of Precipitation Distribution in the Tropical Pacific Area

As it is seen from the charts presented on *Figures 3 and 4*, the precipitation of the equatorial belt exhibits an opposite correlation with the precipitation of the areas located between 10° and 20° northern and southern latitudes. In the following, we are analysing more in detail, the structure of these relations, by using monthly precipitation data. For this investigation, we used average precipitations of the various belts. Precipitations, for the equatorial belt (E) have been characterized by the arithmetical average of the monthly precipitation amounts on the 8 stations mentioned before. Precipitations of the belt 10°N – 20°N ("belt N") have been characterized by the arithmetical average of the montly precipitation amounts of the following stations: Wake Island (19°17'N, 166°39'E), Eniwetok (11°21'N, 162°21'E) and Hilo (19°44'N, 155°Ot'W); while precipitations of the belt 10°S – 20°S ("belt S") were characterized by those of the stations Rotuma (12°30'S, 177°03'E), Nandi (17°45'S, 177°27'E), Apia (13°48'S, 171°47'W), Aitutaki (18°50'S, 159°49'W) and Papeete (17°32'S, 149°35'W). The computation was carried out concerning the period 1951 – 1960. According to the circumstance, whether the monthly precipitations of the belts E, N and S exhibited a positive or a negative anomaly as compared to the 10-year average, eight types can be distinguished *(Table V)*.

In *Table VI* are reproduced, for every month of the 10-year period, the corresponding types and the relative frequencies of the occurrence of each type are given. From these data it appears that precipitation in belt E has an opposite character to that of belt N (types 3, 4, 7, 8) in 65.0 per cents of all cases, while precipitation in the belt S has an opposite character in 64.2 per cents

(i. e. approximately two thirds) of all cases. This fact has been reflected by the isocorrelation charts of the *figures 3 and 4*. Most frequent and at the same time most characteristic types of precipitation distribution are the types 7 and 8, their relative frequency being equal to 41,7 per cents. These can be considered as representing a precipitation distribution which is symmetrical in respect to the Equator. On the other hand, the types 3, 4, 5 and 6 possessing together a relative frequency of 45.8 per cents, are representing a precipitation distribution which is asymmetrical in respect to the Equator.

TABLE V – V. TÁBLÁZAT

Types of precipitation distribution according to zonal anomalies of precipitation. Csapadékeloszlási típusok az övezetes csapadék anomáliái szerint. *Rf = Relative frequencies* [%]. Rf = relatív gyakoriság

	Type							
	1	2	3	4	5	6	7	8
N	+	−	−	+	+	−	−	+
E	+	−	+	−	+	−	+	−
S	+	−	+	−	−	+	−	+
Rf	0,0	12,5	10,0	13,3	7,5	15,0	19,2	22,5

TABLE VI – VI. TÁBLÁZAT

Frequencies of types of precipitation distribution. Csapadékeloszlási típusok gyakorisága

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1951	4	4	4	7	3	3	7	7	7	8	2	5
1952	5	2	4	8	4	8	2	7	4	6	2	3
1953	7	7	5	7	7	5	3	5	7	7	2	3
1954	6	4	8	6	4	8	8	8	8	6	8	8
1955	8	8	8	8	8	6	4	6	6	4	6	6
1956	6	8	8	7	4	4	8	4	2	2	8	2
1957	6	6	2	4	3	3	7	5	3	7	7	5
1958	7	7	7	3	3	7	5	8	4	4	3	7
1959	3	7	7	2	2	2	6	6	8	6	8	8
1960	5	6	6	8	8	8	6	2	8	7	2	2

Analysing the lengths of duration of consecutive types, we determined the average periods of their alternation as compared to the average alternation lengths which would be experienced if the occurrence of a type could be considered as indepenedent of that of the previous one. For the quotient of the empirically obtained average length of alternation $L^*(I)$ and the value $L(I)$ which should occur in the case of independence, it is possible to determine, on a given probability level a confidence interval with the following property: if the value

$$L^*(I) : L(I)$$

is lying outside this interval, then the assumption of independence of the events, which are constituting the series of alternations (in the present case, that of types of precipitation distribution) can be discarded [6]. The results of these computations are contained in *Table VII*, the confidence interval is correspond-

TABLE VII – VII. TÁBLÁZAT

Statistical data of the alternation of types of precipitation distribution. A csapadékeloszlási típusok ismétlődéseinek statisztikai adatai

Type	L*(I) monthly	L(I) monthly	L*(I)/L(I)	Interval of confidence
2.	1.30	1.28	1.02	1.11 – 0.91
3.	1.33	1.12	1.19	1.10 – 0.91
4.	1.18	1.28	0.92	1.11 – 0.91
5.	1.13	1.08	1.05	1.09 – 0.92
6.	1.50	1.19	1.26	1.14 – 0.89
7.	1.64	1.25	1.31	1.16 – 0.88
8.	1.93	1.31	1.47	1.18 – 0.87

ing to a probability level of 0,27 per cents. It appears from the data, that the average lengths of alternation, $L^*(I)$, of the types 8, 7, 6 and 3 are significantly higher than the value $L(I)$ which would be expected in the case of independence. Accordingly, these types have a trend to persist, their stability is a significant one, which is an evidence of their physical reality. The relative frequency of these types is reaching the value of 67 per cents, that is, the types, which could be formally established on the basis of the precipitation anomalies occurring, in two-thirds of the cases, are possessing a reality from the meteorological point of view. The highest degree of persistence stability has been experienced in the case of type 8, which is connected to the occurrence of cold sea water on the Equator. In this case, the maximum length of repetition reached 7 months.

5. Relation between the General Circulation and the Precipitation Conditions in the Equatorial Belt

From individual analyses it appears, that the structure of the pressure field over the Pacific is a significantly different one in the wet as compared to the dry periods of the equatorial belt [5]. The characteristical difference in pressure distribution consists in the circumstance, that, during the dryperiods, the southern Pacific subtropical anticyclone, the center of which is generally characterized by the geographical co-ordinates 30°S and 100°W, is possessing a stronger development, and the Inter-Tropical Convergence (ITC) Zone is coinciding with the Line of the Equator, while in wet periods, this anticyclone is weaker and the ITC Zone is slightly displaced to the south. This difference in the pressure field is modifying the air currents in the Pacific area: in the former case, an undisturbed easterly circulation is produced in the equatorial area and the south-eastern Trade Wind possesses a higher intensity; while in the second case, a narrow equatorial west-wind belt is appearing, by which the belt 0 to 5°S is dominated. In the presence of a persistent eastern circulation, in the equatorial sector of the Peru current and in the Southern Equatorial current significant water masses are transported near the surface from the South-American shores in a westerly direction, and they are replaced by ascending cold water from the depth. On the other hand at times when the equatorial westerly winds are persistently developed, the former phenomenon cannot occur and an intercalation of the warmer surface water on the western part of the equatorial belt of the Pacific is observed in the area of the cold currents. Starting from the pressure field, the various steps of this mechanism can be consecutively derived

as follows: eastern circulation on the Equator → ascension of cold water from the depth → low sea-water temperatures → stable atmospheric stratification → lack of precipitation. While in the case of a strong westerly circulation: → absence of ascending cold water from the depth → high sea-water temperatures → unstable atmospheric stratification → abundance of precipitations. However, the primary cause cannot be elucidated.

In the following, the mechanism found on the basis of distinct individual cases will be analysed as reflected by an investigation in statistical climatology. This investigation was directed to find mutual connections among the following factors, using monthly meteorological data from the period 1961 to 1970:

1) *Precipitation anomalies of the equatorial belt.* Anomalies have been determined on the basis of averaged precipitation series of the stations Tarawa, Atuona, San Cristobal and San Lorenzo.

2) *Pressure anomalies of the northern subtropical anticyclonal belt of the Pacific.* Anomalies were determined from the averaged pressure series of the following stations: 12540 (25.3°N 150.6°W), N (31,0°N, 140.0°W) and 13216 (32,4°N, 126.9°W).

3) *Pressure anomalies of the equatorial belt of the Pacific.* The anomalies were determined from the averaged pressure series of the following stations: 60005 (1.7°S, 106.5°W) and 00814 (2.2°N, 85.4°W).

4) *Pressure anomalies of the southern subtropical belt of the Pacific.* The anomalies were determined from the averaged pressure series of the following stations: 63516 (32.6°S, 157.8°W), 62369 (27.6°S, 141.0°W), 62226 (23.9°S, 127.8°W) Isla de Pascua (29.1°S, 109.4°W).

5) *Anomalies of sea water temperatures in the equatorial belt.* On the basis of station 60005.

6) *Anomalies of the pressure gradient between the northern subtropical belt and the equatorial belt.* The pressure gradient has been determined as the difference between the pressure series 2) and 3).

7) *Anomalies of the pressure gradient between the southern subtropical belt and the equatorial belt.* The pressure gradient has been determined as the difference between the pressure series 4) and 3).

The mutual correlations existing among the above factors have been computed on the basis of quarterly averaged values (1961 January – March, April – June, . . . etc.) The correlation matrix containing the results of computations is given in *Table VIII.*

TABLE VIII – VIII. TÁBLÁZAT

Coefficient of correlation * Korreláció együtthatók *E = precipitaion, Δ = pressure gradient** *E* = csapadék, *Δ* = nyomásgradiens

	E%	ΔP, n	ΔP, E	ΔP, S	ΔT_s (600005)	Δ (N – E)	Δ(S – E)
E%	1,000	−0,171	−0,691	−0,419	0,756	0,137	−0,121
ΔP, N	–	1,000	0,006	0,317	−0,123	0,908	0,353
ΔP, E	–	–	1,000	0,414	−0,660	−0,411	−0,025
ΔP, S	–	–	–	1,000	−0,558	−0,115	−0,900
ΔT_s (60005)	–	–	–	–	1,000	0,156	−0,297
Δ (N – E)	–	–	–	–	–	1,000	0,330
Δ (S – E)	–	–	–	–	–	–	1,000
σ	39,17	1,08	0,51	1,17	1,06	1,20	1,07

In the computation of correlation, there were used series containing 40 pairs of data, and in the case of $n = 40$, we have by selecting a significance level of $p = 5\%$, $|r| > 0{,}31$ as the criterion of the statistical reality of the correlation coefficient. Such correlation coefficients which are indicating the existence of a real statistical relation, are the following ones:

Corresponding to the factor 1): with the factors 3), 4) and 5).
Corresponding to the factor 2): with the factors 4), 6), and 7)
Corresponding to the factor 3): with the factors 1), 4), 5) and 6)
Corresponding to the factor 4): with the factors 1), 2), 3), 7)
Corresponding to the factor 5): with the factors 1), 3) and 4)
Corresponding to the factor 6): with the factors 2), 3), and 7)
Corresponding to the factor 7): with the factors 2), 4) and 6).

Interpretating the above results in connection to the precipitations of the equatorial belt, it can be stated, that in the case of dry periods, pressure in the equatorial belt is higher than average, the southern subtropical belt is more strongly developed, and the sea-water temperature at the Equator is lower than normal. In wet periods, the anomalies are correspondingly opposite ones. Starting from the development of the southern subtropical belt in the Pacific area, the following causal chains of phenomena may be deduced for the eastern part of the Pacific:

A) Strongly developed subtropical anticyclones → increase in the SE pressure gradient and, at the same time, an increase in the South-Eastern Trade Wind → strong westwards movement of surface sea-water and the following ascension of cold water from the depth → decrease in the temperature of superficial water in the equatorial belt → stabilization in atmospheric stratification and consequent lack of precipitation in the equatorial belt.

B) Weakly developed subtropical anticyclone → decrease of the SE pressure gradient and, at the same time, a decrease in the South-estern Trade Wind → no intensive westward transport of surface water masses and no ascension of cold water from the depth → increase in the surface water temperature → labilization of atmospheric stratification and consequent abundant precipitation in the equatorial belt.

When analyzing the precipitation amounts of the tropical belt of the Pacific by using longer precipitation series, it is found, that a trend of changes in one and the same direction is not exhibited even during periods of several decades. Thus, the mechanism described above is bound to led finally to a *stabilizing feedback*. According to our assumption, this may be explained by two factors. The first factor consists in the circumstance that, as a consequence of the greater nebulosity of the wet periods, a higher amount of solar radiation is reflected and on the surface occurs a loss in radiation, which is causing, after a certain time, a decrease in temperature. The reverse is occurring during dry periods. The other factor (which is, in our opinion, more important in the production of stabilizing feedback) consists *in the connection existing between pressure changes in the equatorial and the southern subtropical belts of the Pacific*. The data contained in *Table VIII.* are demonstrating, that, on the one hand, the pressure anomalies of the southern subtropical belt and the equatorial belt, and, on the other hand, the anomalies of the pressure gradient between the southern subtropical belt and the equatorial belt, are connected by a positive correlation. Thus, pressure changes are occurring, in the equatorial and in the subtropical belts, nearly in a synchronous way, and the circumstance that, in spite of this

fact, the value of the SE pressure gradient is definitely determined by the quantity ΔP, S can be attributed to the feature that the amplitude of pressure fluctuation is essentially greater in the southern subtropical belt than in the equatorial belt, as indicated by the scatter values given in *Table VIII*. A harmonic analysis carried out on the time series of pressure anomalies for these two belts is indicating, that in both time series, waves of nearly equal periods and of nearly identical phases are those, which are possessing a statistical reality *(Table IX)*. The harmonic analysis was carried out on the basis of

TABLE IX–IX. TÁBLÁZAT

Harmonic waves of pressure anomalies. A = amplitude [mb], *U = phase angle* [°], *T = wavelength* [*month*], *E = expektance* [mb]. Légnyomási anomáliák harmonikus hullámai. A = amplitudó, U = fázisszög [°] T = hullámhossz [hónap] E = expektancia [mb]

T	ΔP, S			ΔP, E		
	A	U	A/E	A	U	A/E
45	0.62	211	1.89	0.35	182	2.50
42	0.95	159	2.88	0.31	138	2.21
39	0.87	109	2.64	0.31	69	2.21
36	0.91	41	2.75	0.33	7	2.35
33	0.98	332	2.98	0.29	292	2.07
30	0.74	257	2.31	0.16	220	1.14
27	0.36	198	1:09	0.13	315	0.93
24	0.68	193	2.06	0.32	208	2.28
21	0.53	146	1.60	0.31	39	2.21
18	0.22	66	0.67	0.17	253	1.21
15	0.28	240	0.85	0.21	169	1.50
12	0.06	239	0.18	0.07	164	0.50
9	0.18	196	0.54	0.13	193	0.93

the years 1961 – 1970 by using quarterly averaged values of the anomalies. It is seen, that, in the time series of the anomalies of both belts, several periodical changes which are possessing statistical reality (that is, $A/E > 2$) are found, their majority having a period length of 33 to 42 months. (Of course the shortness of the series admitted not the detection of longer periods.) From the point of view of stabilizing feedback, the circumstance is of a high importance, that the data series are containing periodical variations, which are possessing nearly identical phases within the two belts, as it is seen by comparing the phase angles U reproduced in *Table IX*.

However, the data of phase angles are elucidating also a further phenomenon. The most characteristical component waves (with T = 42, 39, 36 and 33 months are possessing, in the subtropical high-pressure belt of the Southern Pacific, an *earlier phase* than in the equatorial belt of the Pacific, the phase-shift in the later mentioned region being equal to 2.3 to 4.3 months (on the average, to 3.2 months). This is indicating, that the pressure waves of periodical character which are controlling the SE pressure gradient, are proceeding from the southern area of the Pacific toward the equatorial belt. This fact has probably the meaning, that *they are governed by air mass transport from the southern subpolar*

regions of the Pacific toward the Equator, and this appears to be supported (beside the phase-shift in a south-north direction) also by the decrease of the amplitudes in the same direction. The explanation of the later mentioned phenomenon is a rather obvious one: air masses progressing from higher latitudes to lower ones are distributed over a larger area, and the consequence of this is a lower variation in pressure.

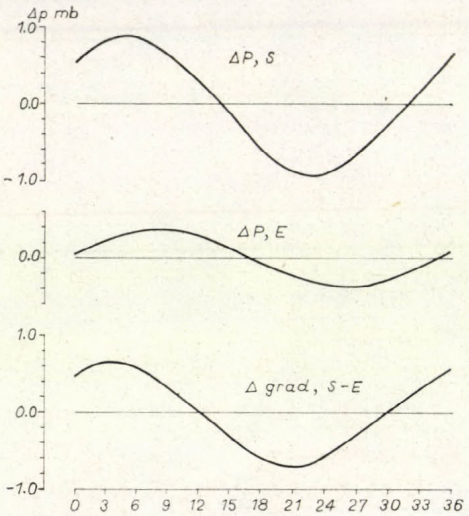


Fig. 8: The component of the pressure anomalies possessing a period of T = 36 months in the belts "S" and "E". *8. ábra:* A légnyomási anomáliák T = 36 hónap periódusú összetevője az „S" és az „E" övezetben

This process is schematically illustrated on *Fig.8*, in which waves of pressure anomalies with T = 36 months, that are statistically significant in both belts, are depicted for a whole period, and we plotted also, on the basis of these values, the anomalies of the SE pressure gradient. These two periodical variations, which are possessing nearly similar phases, but different amplitudes, are leading to a rhythmical variation in the SE pressure gradient and they are causing, through the processes described above, the occurrence of consecutive dry and wet periods in the equqatorial belt of the Pacific. For a more detailed investigation of the mechanism of this process, a fundamental condition consists in the detection of the circulatory conditions of the Southern Pacific.

REFERENCES

[1] *Köppen W. – Geiger R.:* Handbuch der Klimatologie Band IV. *Schott G.:* Klimakunde der Südsee-Inseln pp. 83 – 90 Berlin, 1938.

[2] *Péczely G.:* Global Distribution of the Variability of Annual precipitation Totals . . Időjárás 77 (1973) pp. 5 – 11.

[3] Marine Climatological Summaries. US. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration. Environ
ment Data Service, Vol. 1 – 10., Asheville, N. C.

[4] *Brocks K.:* Wechselwirkung Ozean-Atmosphäre. Annalen der Meteorologie (Neue Folge) Nr. 6. pp. 45 – 57. Offenbach a. M. 1973.

[5] *Bjerknes, J.:* Atmospheric Teleconnections from the Equatorial Pacific. Monthly Weather Review Vol. 97. Numb. 3, pp. 163 – 172. 1969.

[6] *Péczely, G.:* Untersuchung der statistischen Struktur der säkularen Temperaturreihe von Budapest. Zeitschrift für Meteorologie, Heft, 6. Band 26, pp. 323 – 329 1976.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorologiai Szolgálat folyóirata. 82. évf. 1. szám. 1978. jan.–febr.
Journal of the Meteorological Service. Vol. 82. No 1 January–February 1978 Budapest

Die statistische Entropie des horizontalen Windvektors in Potsdam

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

A horizontális szélvektor statisztikai entrópiája Potsdamban. A horizontális szélvektor empirikus gyakorisságeloszlása az információ-entrópiával jellemezhető. Megadható a szél állandóságának és a két szélkomponens függésének mértéke. Szerző e függésnek a feltételes entrópia alapján definiált mértékét, a két szélkomponens sztochasztikus összefüggésének speciális topológiai típusához illesztette. A függés mértéke számszerű adatainak statisztikai becsléséhez a szerző megadta a szignifikancia határokat, amihez a szélvektorkomponensek óraközepeinek idősoraiban levő megmaradási hajlamokat figyelembe kellett venni.

⁂

Статистическая энтропия горизонтального вектора ветра в г. Потсдаме. Эмпирическое распределение повторяемости горизонтального вектора ветра может быть охарактеризовано энтропией информации. Можно задаваться степенью постоянства ветра и зависимости его двух составляющих. Автор приурочил степень этой зависимости, определенную на основании условий энтропии, к специальному топологическому типу стохастического соотношения двух составляющих ветра. Для статистической оценки численных величин степени зависимости автор определил границы значимости, для чего было необходимо учесть склонность сохранения, отмечающуюся в временных рядах часовых средних величин векторных составляющих ветра.

⁂

Die Anwendungsbeispiele der von *Shannon* [21] begründeten Informationstheorie bei der Lösung bestimmter statistischer Probleme in der Meteorologie haben in den letzten Jahren erheblich zugenommen. Insbesondere wurde zum Beispiel in der meteorologischen Statistik die Informationsentropie bei der Charakterisierung der Struktur meteorologischer Felder und bei der damit verbundenen Bestimmung der optimalen Dichte meteorologischer Beobachtungsnetze *(Czelnai, Dési, Rákóczi* [3, 4, 5, 6, 7], *Rákóczi* [17, 18],) bei der Untersuchung der Ähnlichkeit beziehungsweise des Unterschieds zweier meteorologischer Felder (*Bagrov* [1, 2]), bei der Lösung statistischer Prognoseprobleme *(Holloway, Woodbury* [12], *Wahl* [26], *Suzuki* [23], *Van der Bijl* [25] sowie bei der Charakterisierung des zeitlichen Verhaltens der Häufigkeitsverteilungen einzelner meteorologischer Elemente *(Günther* [10], *Olberg* [15, 16]) benutzt. In allen diesen Untersuchungen hat sich die Verwendung der Begriffe der Informationstheorie bewährt und läßt auf weitere erfolgreiche Anwendungen dieser Theorie in der Meteorologie schließen.

Hier sollen die Begriffe der Informationstheorie zur Charakterisierung der empirischen zweidimensionalen Häufigkeitsverteilung der Stundenmittelwerte

des horizontalen Windvektors von Potsdam herangezogen werden. Mit Hilfe der Informationsentropie wird der Jahresgang der Beständigkeit des Windes in Potsdam untersucht; die bedingten Informationsentropien werden bei der Untersuchung des statistischen Zusammenhangs der beiden Komponenten des horizontalen Windvektors verwendet.

1. Die Informationsentropie und Beständigkeit des Windes

Ausgangsdaten der folgenden Untersuchungen waren die Stundenmittelwerte des horizontalen Windvektors in Potsdam für die Jahre 1951 bis 1960. Aus diesen Werten wurden die zweidimensionalen Häufigkeitsverteilungen des Windvektors für die einzelnen Monate der Jahre 1951 bis 1960 ermittelt. *Tabelle I.* und *Abb. 1* zeigt die aus diesen 10 Jahren folgende, über alle Monate summierte, empirische Häufigkeitsverteilung in kartesischen Koordinaten (West-Ost-Komponente v_x und Nord-Süd-Komponente v_y). Daraus wurden zunächst die Parameter der Verteilung berechnet. Es ergaben sich die folgenden Zahlenwerte

$$\bar{v}_x = 0{,}97 \text{ ms}^{-1} \text{ und } \bar{v}_y = 0{,}72 \text{ ms}^{-1} \tag{1}$$

für die Mittelwerte und

$$s_x^2 = 15{,}48 \text{ m}^2\text{s}^{-2},\ s_y^2 = 6{,}48 \text{m}^2\text{s}^{-2},\ s_{xy}^2 = -0{,}21 \text{ m}^2\text{s}^{-2} \tag{2}$$

für die Streuungen.

Die Zahlenwerte für $\bar{v}_x$ und $\bar{v}_y$ sind signifikant von Null verschieden. Wegen $\tan \varphi = \bar{v}_y/\bar{v}_x = 0{,}7693$ oder $\varphi = 232°{,}4$ folgt daraus, daß im zehnjährigen Mittel in Potsdam WSW-bis SW-Winde zu erwarten sind.

In unsere Betrachtungen wollen wir auch die Informationsentropie zur Charakterisierung des Häufigkeitsfeldes des Windvektors einbeziehen. Dabei bezeichnen wir die zweidimensionale Zufallsgröße, deren Realisierungen die Zahlenwerte für die Komponenten des horizontalen Windvektors sind, mit X, Y.

Ist im diskreten Fall p_{ik} die Wahrscheinlichkeit dafür, daß die zweidimensionale Zufallsgröße (X, Y) ein bestimmtes Wertespaar (x_i, y_k) annimmt, dann wird die Informationsentropie der diskreten Häufigkeitsverteilung durch die Gleichung

$$H(X, Y) = -\sum_{i,k} p_{ik} \ln p_{ik} \tag{3}$$

definiert, wobei über alle Werte der Indizes i und k zu summieren ist. Werden die Wahrscheinlichkeiten p_{ik} durch die relativen Häufigkeiten N_{ik}/N des Windvektors approximiert, dann ist die Informationsentropie der empirischen Häufigkeitsverteilung durch den Ausdruck

$$H(X, Y) = -\sum_{i=1}^{n} \sum_{k=1}^{m} \frac{N_{ik}}{N} \ln \frac{N_{ik}}{N} \tag{4}$$

gegeben. N ist dabei die Gesamtzahl der Realisierungswerte des Windvektors, N_{ik} die Anzahl der Werte des Windvektors in der durch die Indizes i und k gekennzeichneten Klasse der Häufigkeitsverteilung, die insgesamt in $n.m$

Klassen eingeteilt sei. Wegen $\sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{m} N_{ik} = N$ können wir für die statistische Entropie (4) auch schreiben

$$H(X, Y) = -\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{m} N_{ik} \cdot \ln N_{ik} + \ln N. \tag{5}$$

Die Informationsentropie einer diskreten Häufigkeitsverteilung eignet sich insofern zur Charakterisierung des Häufigkeitsfeldes des horizontalen Windvektors, weil sie als Maß für den Grad der Unbestimmtheit eines Ereignissystems die Eigenschaft besitzt, ihr Maximum nur bei einer Gleichverteilung der Wahrscheinlichkeiten anzunehmen und beim Anwachsen gewisser Wahrscheinlichkeiten gegenüber anderen abzunehmen (siege z. B. *Feinstein* [8], *Jaglom* [13]).

Hat das Häufigkeitsfeld insgesamt $n \cdot m$ Ereignisfelder, dann nimmt die statistische Entropie H ihren größten Wert an, wenn die relative Häufigkeit für alle Felder gleich $1/nm$ ist. Der Grad der Unbestimmtheit ist dann am größten, es wird $H_{max} = \ln nm$. Tritt dagegen ein Ereignis mit Bestimmtheit ein, das heißt, ist die Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines bestimmten Wertepaares der zweidimensionalen Zufallsgröße (X, Y) gleich Eins und sind alle anderen Wahrscheinlichkeiten Null, dann ist der Grad der Unbestimmtheit des Ereignisfeldes, die Informationsentropie gleich Null. Zwischen diesen beiden Extremen Null und H_{max} variiert der Wert der Informationsentropie eines gegebenen Häufigkeitsverteilungsfeldes.

Um unabhängig von der Maßeinheit der Informationsentropie zu sein und um die Anschaulichkeit der gewonnenen Ergebnisse zu erhöhen, führt man häufig die relative Entropie $H_{rel} = H/H_{max}$ ein, die zwischen den Werten Null und Eins schwankt. H_{rel} hat den Wert Null, wenn ein Ereignis des Ereignisfeldes mit Bestimmtheit auftritt, wenn in unserem Falle also der Windvektor stets denselben Wert hat. Wir wählen daher den dimensionslosen Ausdruck

$$B = 1 - H_{rel} = \frac{H_{max} - H}{H_{max}} \tag{6}$$

als ein Maß für die Beständigkeit oder Bestimmtheit des Windes (siehe dazu *Olberg* [15, 16]). Die Windbeständigkeit ist nur bei einer Gleichverteilung gleich Null, wenn also das Auftreten aller möglichen Wertepaare des Windvektors unabhängig und gleichwahrscheinlich ist. Ungleichmäßigkeiten in der Wahrscheinlichkeitsverteilung des Windvektorhäufigkeitsfeldes (siehe dazu *Abb.* 1) vermindern die relative Entropie und vergrößern die Windbeständigkeit. Der Extremfall tritt ein, wenn die Wahrscheinlichkeitsdichte auf eine Ereignisklasse konzentriert ist, wenn also ein bestimmtes Wertepaar des Windvektors mit Sicherheit auftritt. Der Windvektor ist in diesem Falle konstant und die Windbeständigkeit gleich Eins. Nur für diese beiden Extremfälle der Wahrscheinlichkeitsverteilung wird jeweils der obere beziehungsweise untere Grenzwert der Beständigkeit angenommen.

In der Nachrichtentechnik bezeichnet man bei Kodierungsproblemen den Ausdruck (6) als Weitschweifigkeit oder Redundanz des Kodes. Die Redundanz ist dabei ein Maß für die Anzahl der bei der Nachrichtenübertragung überflüssigen Symbole (siehe z. B. *Fey* [9]).

Der Ausdruck (6) darf allerdings nicht als absolutes Maß der Windbeständigkeit aufgefaßt werden, da B über die Informationsentropie von der Klasseneinteilung des Häufigkeitsfeldes abhängt (siehe dazu *Feinstein* [8]).

Deshalb soll hier nicht der Wert $B = 0{,}242$ des Häufigkeitsfeldes der *Tabelle I* diskutiert werden, sondern es sollen die Unterschiede der Windbeständigkeit in den einzelnen Monaten des Jahres näher betrachtet werden.

Zur Ermittelung des jährlichen Gangs der Windbeständigkeit wurde aus den monatlichen Häufigkeitstabellen der Stunden mittelwerte des horizontalen Windvektors in Potsdam für die Jahre 1951 bis 1960 die Entropie und

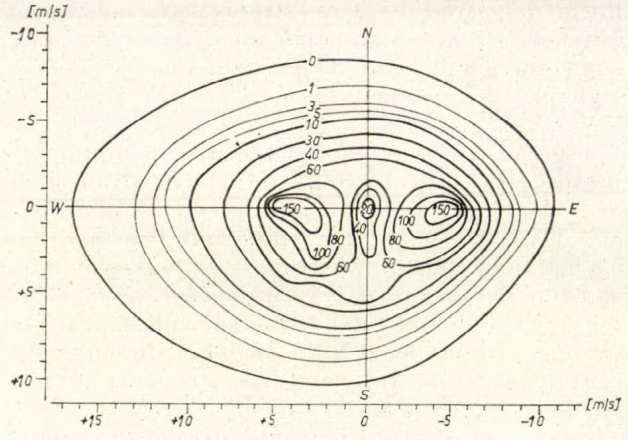


Abb. 1: Graphische Darstellung der Häufigkeit der Windvektoren nach *Tabelle I* in der Einheit 1 : 10.

nach Gleichung (6) die Windbeständigkeit berechnet. Aus den einzelnen Monatswerten der zehn Jahre ergaben sich die in der *Tabelle II* angegebenen mittleren Werte der Windbeständigkeit in den einzelnen Monaten des Jahres. Außerdem ist in *Tabelle II* die Streuung der Werte um den monatlichen Mittelwert B angeführt. Die graphische Darstellung des Verlaufs der Windbeständigkeit im Jahr zeigt die *Abb. 2*.

Die geringste Beständigkeit hat der Wind danach in den Monaten Dezember, Januar und April, wobei das Minimum im April das wechselhafte „Aprilwetter" kennzeichnet. Ein Vergleich mit den Großwetterlagen Europas (siehe *Hess* und *Brezowsky* [11]) zeigt, daß sich die niedrigen Werte der Windbeständigkeit im Dezember und Januar durch das Vorherrschen von W-, SW- und NW- Lagen in diesem Jahrzehnt deuten lassen, die mit unbeständigem Wetter und mit lebhaften, wechselnden Winden verbunden sind. Ende Januar vollzieht sich dann die Umstellung der Witterung auf den Hochwinter, der im Februar mit Hochdrucklagen über Mitteleuropa, den Britischen Inseln und Fennoskandien seinen Höhepunkt erreicht. Diese Großwetterlagen bringen in dieser Jahreszeit beständiges, oft sehr kaltes Wetter mit Strahlungsfrösten. In der *Abb. 2* ist der Februar durch ein Maximum der Windbeständigkeit gekennzeichnet, wobei allerdings auf die relativ große Streuung der Einzelwerte in diesem Monat hingewiesen werden muß. Das zweite Maximum im Oktober deutet auf die meteorologische Beständigkeit des Herbstes im mitteleuropäischen Gebiet hin. In diesem Monat überwiegen wie im Februar diese Jahrzehnts die Hochdrucklagen über Mitteleuropa, den Britischen Inseln und Fennoskandien. Diese Wetterlagen brigen in dieser Jahreszeit ruhiges, meist heiteres und tagsüber warmes Wetter, das unter dem Namen „Altweibersommer" bekannt ist.

2. Bedingte Entropien und die Abhängigkeit der beiden Windvektorkomponenten

Bei der Untersuchung der zweidimensionalen Stichprobenverteilung des Windvektors ist eine Aussage über die stochastische Abhängigkeit der beiden Windvektorkomponenten von besonderer Wichtigkeit. Zum Nachweis einer

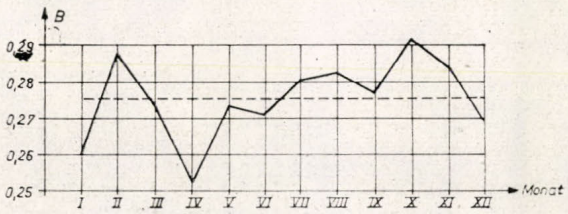


Abb. 2: Monatliche Windbeständigkeit in Potsdam im Mittel der Jahre 1951 – 1960.

TABELLE II

Monatliche Windbeständigkeit B *und Streuung* s *in Potsdam im Mittel der Jahre 1951 – 1960*

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Mittel
B	0,260	0,288	0,274	0,252	0,274	0,271	0,280	0,282	0,277	0,292	0,284	0,269	0,275
s	0,016	0,044	0,023	0,017	0,020	0,007	0,015	0,020	0,013	0,027	0,028	0,013	

stochastischen Beziehung zwischen zwei Zufallsgrößen X, Y bedient man sich verschiedener Korrelationsmaße. Am häufigsten verwendet man als Korrelationsmaß den Stichprobenkorrelationskoeffizienten. Die Streuungswerte (2) liefern für das empirische Häufigkeitsfeld des Windvektors den statistisch nicht signifikant von Null verschiedenen Stichprobenkorrelationskoeffizienten

$$r(X, Y) = \frac{s_{xy}}{s_x s_y} = -0{,}02 \tag{7}$$

woraus man auf die Unabhängigkeit der West-Ost- und Nord-Süd-Komponente schließen würde.

Mit dem Korrelationskoeffizienten (7) kann man jedoch nur lineare Beziehungen zwischen X und Y erfassen. Bei nichtlinearen Zusammenhängen ist die Schlußkraft des Korrelationskoeffizienten stark eingeschränkt. Man verwendet bei solchen zweidimensionalen Stichproben den tetrachorischen oder Vierfelder-Korrelationskoeffizienten zur Prüfung der stochastischen Abhängigkeit. Mit ihm kann man alle Formen monotoner Beziehungen zwischen den stochastischen Größen erfassen (siehe beispielweise *Taubenheim* [24]). Aus der *Tabelle I* ergab sich das Quadrantenverhältnis $q = 0{,}033$ und damit der tetrachorische Korrelationskoeffizient

$$R(X, Y) = \sin\left(q\frac{\pi}{2}\right) = 0{,}052, \tag{8}$$

der ebenfalls nicht signifikant von null verschieden ist. Wie die *Abb. 1* und das Häufigkeitsverteilungsfeld der *Tab. I* jedoch zeigt, kann der Zusammenhang zwischen der West-Ost- und der Nord-Süd-Komponente des horizontalen Windvektors in Potsdam weder durch eine lineare noch durch eine monotone

TABELLE I. *Häufigkeit des horizontalen Windvektors (kartesische Koordinaten) in Studen für Potsdam 1951—1960*

V_y [m/s] — N

V_y	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	−1	−2	−3	−4	−5	−6	−7	−8	−9	−10	−11	−12	V_x [m/s]
−10																					1			1											2
−9											1							2	2																5
−8												1							1	3	9	6	7	2	7	1									37
−7														1	1	2	7	16	9	6	27	17	22	9	8	2	1								128
−6								2			2		3	5	5	15	15	14	27	46	38	47	50	24	12	9	1	2							317
−5							2			3	2	7	10	2	23	18	55	53	81	67	93	213	105	65	47	21	20	2							889
−4								3	1	11	7	9	35	31	91	60	148	200	136	174	136	360	176	133	86	102	35	12	5						1951
−3					2	4	4	3	8		33	32	74	55	99	199	281	223	468	371	546	750	660	351	406	144	121	33	11		6				4884
−2				1	3	7				18	43	76	109	251	155	439	353	505	583	1090	914	769	956	951	539	307	179	146	30	36	12	2			8474
−1							4	1	14	30	64	94	143	229	542	783	795	715	1131	1026	1209	694	797	615	859	668	518	343	177	41	31	8	2		11 533
W 0	1			2	2	6	10	8	32	68	93	156	230	345	406	1549	1529	1553	1074	903	175	609	732	1117	1601	1816	430	205	70	29	12	2	1	14 766	E
1						8	3	5	12	42	58	111	172	517	667	917	944	1525	1067	712	443	607	873	1320	1171	1086	629	261	71	16	2	3			13 242
2			1			3				13	39	51	116	382	278	727	624	890	1015	1055	561	442	481	888	840	781	565	309	39	57	17	6	5			10 185
3					1		4	4	11		37	54	106	119	190	352	716	638	1225	699	730	668	623	408	706	427	329	71	17	3	5	2			8145
4							6	2	13	3	28	47	67	259	163	493	824	485	705	640	736	504	363	268	352	84	6	11	1						6060
5					1	3	1			8	5	11	29	18	115	98	224	363	535	441	626	874	361	215	168	60	25	8	2						4191
6								1	1		2	2	14	14	46	100	93	122	238	368	331	208	206	144	22	10	1	1							1924
7									1		1	4	8	7	27	28	66	107	35	58	100	107	61	37	11	8	3								669
8													4	10	7	8	10	16	24	34	15	34	16	19	4	2									203
9												1	9	4	3	5	2	8	9	2	4	4	3	2	1										57
10														4				1			1	2													8
11																		1	1																2
	1		1	1	9	19	29	33	51	140	349	521	974	1601	2703	4070	6350	7172	9083	8292	7593	6550	6239	5837	6415	5665	4784	1992	758	279	116	32	12	1	87 672

S

TABELLE III. *Häufigkeitsfeld nach Tabelle I mit zusammengefassten äusserer Klassen*

V_y [m/s] — N

V_y	≧12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	−1	−2	−3	−4	−5	−6	−7	−8	V_x [m/s]
≦ −6	2	3	1	3	6	6	17	24	33	39	61	72	71	74	41	21	11	2	2	0	0	489
−5	5	2	7	10	2	23	18	55	53	81	67	93	213	105	65	47	21	20	2	0	0	889
−4	15	7	9	35	31	91	60	148	200	136	174	136	360	176	133	86	102	35	12	5	0	1951
−3	21	33	32	74	55	199	199	281	223	468	371	546	750	660	351	406	144	121	33	11	6	4884
−2	29	43	76	109	251	155	439	353	505	583	1090	914	769	956	951	539	307	179	146	30	50	8474
−1	49	64	94	143	229	542	783	795	715	1131	1026	1209	694	797	615	859	668	518	343	177	82	11 533
W 0	61	68	93	156	230	345	406	1549	1529	1553	1074	903	175	609	732	1117	1601	1816	430	205	114	14 766 E
1	28	42	58	111	172	517	667	917	944	1525	1067	712	443	607	873	1320	1171	1086	629	261	92	13 242
2	17	39	51	116	382	278	727	624	890	1015	1055	561	442	481	888	840	781	565	309	39	85	10 185
3	20	37	54	106	119	190	352	716	638	1225	699	730	668	623	408	706	427	329	71	17	10	8145
4	21	3	28	47	67	259	163	493	824	485	705	640	736	504	363	268	352	84	6	11	1	6060
5	13	5	11	29	18	115	98	224	363	535	441	626	874	361	215	168	60	25	8	2	0	4191
6	2	2	2	14	14	46	100	93	122	238	368	331	208	206	144	22	10	1	1	0	0	1924
≧7	1	1	5	21	25	37	41	78	133	69	94	120	147	80	58	16	10	3	0	0	0	939
	284	349	521	974	1601	2703	4070	6350	7172	9083	8292	7593	6550	6239	5837	6415	5665	4784	1992	758	440	87 672

S

Beziehung ausgedrückt werden. Damit wird die Verwendung des Stichprobenkorrelationskoeffizienten und des tetrachorischen Korrelationskoeffizinten zur Erfassung des Zusammenhangs zwischen X und Y problematisch. Von der Form der stochastischen Beziehung zwischen X und Y weitgehend unabhängig sind dagegen die *Pearson-Kolmogorov*schen Korrelationsverhältnisse (siehe dazu zum Beispiel *Rényi* [20], *Smirnow* und *Dunin-Barkowski* [22], *Taubenheim* [24]). Sie wären damit im Falle der vorliegenden Verteilung als Korrelationsmaßzahlen besser geeignet als der Stichprobenkorrelationskoeffizient oder der tetrachorische Korrelationskoeffizient.

Die Berechnung der Korrelationsverhältnisse erfolgte nach den Gleichungen

$$K^2(X|Y) = \frac{1}{(N-1)\,s_x^2} \sum_{k=1}^{m} N_k\,(\bar{x}_k - \bar{x})^2,$$
$$K^2(Y|X) = \frac{1}{(N-1)\,s_y^2} \sum_{i=1}^{n} N_i\,(\bar{y}_i - \bar{y})^2, \tag{9}$$

wobei $\bar{x}$, $\bar{y}$ die Mittelwerte (1) der Windvektorkomponenten bedeuten. $\bar{x}_k$ und $\bar{y}_i$ sind die Mittelwerte der x- bzw. y-Werte in der k-ten y-Klasse bzw. in der i-ten x-Klasse und es gilt

$$N_i = \sum_{k=1}^{m} N_{ik} \qquad \text{und} \qquad N_k = \sum_{i=1}^{n} N_{ik} \tag{10}$$

Aus dem Datenmaterial der *Tabelle I* ergaben sich für die Korrelationsverhältnisse die Zahlenwerte

$$K^2(X|Y) = 0{,}014, \qquad K(X|Y) = 0{,}12,$$
$$K^2(Y|X) = 0{,}008, \qquad K(Y|X) = 0{,}09. \tag{11}$$

Beide Korrelationsverhältnisse sind statistisch nicht signifikant von null verschieden. Daraus kann aber wiederum nicht mit Sicherheit auf die Unabhängigkeit von X und Y geschlossen werden (siehe *Rényi* [20], S. 233). Ist nämlich die zweidimensionale Häufigkeitsverteilung symmetrisch bezüglich einer oder beider durch den Mittelwert $\bar{x}$, $\bar{y}$ gehenden Koordinatenachsen, dann werden die Gruppenmittelwerte $\bar{x}_k$ oder $\bar{y}_i$ ungefähr gleich den Mittelwerten $\bar{x}$ bzw. $\bar{y}$ und die Korrelationsverhältnisse fallen sehr klein aus (beide oder nur eines). Ein ähnliches Verhalten zeigt das untersuchte Häufigkeitsfeld des Windvektors. Die empirische Häufigkeitsverteilung ist in großen Zügen ringförmig mit aufgesetzten Gipfeln auf der West-Ost-Achse, das heißt, der Zusammenhang zwischen der West-Ost- und der Nord-Süd-Komponente des horizontalen Windvektors in Potsdam könnte eher durch eine geschlossene Kurve wiedergegeben werden (siehe dazu auch die Untersuchungen von *Lucke* [14]). Für die Beschreibung dieses topologischen Typus des stochastischen Zusammenhangs zwischen X und Y eignen sich weder der Stichprobenkorrelationskoeffizient oder der tetrachorische Korrelationskoeffizient noch die Korrelationsverhältnisse. Es ist in diesem Falle dennoch möglich, eine Aussage über die stochastische Abhängigkeit der beiden Zufallsgrößen X, Y zu gewinnen und zwar mit Hilfe der über die bedingten Entropien des Ereignisfeldes (X, Y) definierten Information. Sind

$$H(X) = -\sum_{i=1}^{n} \frac{N_{i\cdot}}{N} \ln \frac{N_{i\cdot}}{N} \qquad H(Y) = -\sum_{k=1}^{m} \frac{N_{\cdot k}}{N} \ln \frac{N_{\cdot k}}{N} \tag{12}$$

die Entropien der Einzelereignisse X und Y und ist $H(X, Y)$ die Entropie der gemeinsamen Ereignisse (X, Y), dann ist bekanntlich $H(X, Y \leqq H(X) + H(Y)$. Das Gleichheitszeichen gilt dann und nur dann, wenn X und Y voneinander stochastisch unabhängig sind (siehe zum Beispiel *Feinstein* [8]). Die als Information bezeichnete Differenz

$$I(X, Y) = H(X) + H(Y) - H(X, Y) \tag{13}$$

ist also stets positiv und wird nur dann null, wenn X und Y voneinander unabhängig sind (siehe auch *Jaglom* [13], *Rényi* und *Balatoni* [19]. Der Maximalwert der Information wird bei funktioneller Abhängigkeit der Größen X und Y erreicht. Das erkennt man sofort, wenn die Information durch die über die bedingten Wahrscheinlichkeiten definierten mittleren bedingten Entropien $H(X|Y)$ oder $H(Y|X)$ ausgedrückt wird. Mit

$$H(X|Y) = H(X, Y) - H(Y) \text{ sowie } H(Y|X) = H(X, Y) - H(X) \tag{14}$$

(siehe *Jaglom* [13]) können wir die Gleichung (13) für die Information auch in der Form

$$I(X, Y) = H(X) - H(X|Y) = H(Y) - H(Y|X) \tag{15}$$

schreiben. Die bedingten Entropien sind stets positiv. Ist im diskreten Fall Y eindeutig funktionell von X abhängig, dann wird $H(Y|X)$ gleich null, weil bei Vorgabe eines bestimmten Wertes für X auf Grund der eindeutigen funktionellen Abhängigkeit der Wert für Y festliegt, die Unbestimmtheit also null ist. Sind die Zufallsgrößen X und Y dagegen voneinander stochastisch unabhängig, dann wird $H(Y|X) = H(Y)$ beziehungsweise $H(X|Y) = H(X)$. Es ist also stets $0 \leqq H(X|Y) \leqq H(X)$ und $0 \leqq H(Y|X) \leqq H(Y)$ (siehe *Jaglom* [13]). Die Information $I(X, Y)$ variiert somit zwischen dem Wert null bei Unabhängigkeit der Zufallsgrößen X und Y und dem Wert $H(X)$ bzw. $H(Y)$ bei funktioneller Abhängigkeit der Größen X und Y. Dividiert man daher die Information durch die Entropie $H(X)$ oder $H(Y)$, dann bekommt man eine dimensionslose Zahl, die zwischen null und eins liegt (siehe dazu *Bagrov* [1, 2], *Rákóczi* [17], *Wahl* [26]).

Bezeichnen wir diese Quotienten, die *Wahl* „Entropieverhältnisse" oder „Informationsindizes" nennt, mit $q(X|Y)$ und $q(Y|X)$, dann wird

$$q(X|Y) = \frac{I(X, Y)}{H(X)} = 1 - \frac{H(X|Y)}{H(X)} \tag{16a}$$

und

$$q(Y|X) = \frac{I(X, Y)}{H(Y)} = 1 - \frac{H(Y|X)}{H(Y).} \tag{16b}$$

Die Zahlenwerte für $q(X|Y)$ und $q(Y|X)$ liegen also stets zwischen null und eins. $q(X|Y)$ und $q(Y|X)$ stellen Maßzahlen für die stochastische Abhängigkeit der Zufallsgrößen X und Y dar, die gegenüber dem Stichprobenkorrelationskoeffizienten und den Korrelationsverhältnissen Vorteile aufweisen. Während aus $r(X, Y) = 0$ und $K(X|Y) = 0$ bzw. $K(Y|X) = 0$ nicht auf die Unabhängigkeit von X und Y geschlossen werden kann, bedeutet $q(Y|X) = 0$ stochastische Unabhängigkeit von X und Y. In diesem Falle wird auch $q(X|Y) = 0$. Bei eindeutiger funktioneller Abhängigkeit der Zufallsgröße Y von X wird $q(Y|X) = 1$. Dabei kann $q(X|Y)$ durchaus kleiner als eins sein, wenn nämlich die funktionelle Abhängigkeit zwischen Y und X nicht umkehrbar eindeutig ist (wie zum Beispiel bei einer Beziehung der Form $Y = X^2$). Ist

der funktionelle Zusammenhang zwischen Y und X jedoch umkehrbar eindeutig, das heißt, ist Y eine monotone Funktion von X, dann gilt $q(Y|X) = q(X|Y) = 1$.

Diese Bemerkungen sind insbesondere bei der Untersuchung der Abhängigkeit im zweidimensionalen Häufigkeitsfeld des Windvektors mit Hilfe der Maßzahlen (16 a, b) zu beachten, weil hier Hinweise auf einen nichtmonotonen stochastischen Zusammenhang zwischen den Zufallsgrößen X und Y vorliegen.

Für die Abhängigkeitsmaße q ergeben sich mit den aus der *Tabelle I* folgenden Entropiewerten

$$\left.\begin{array}{ll} H(X, Y) = 5{,}0172 \text{ nit}, & H(X|Y) = 2{,}6712 \text{ nit} \\ H(X) = 2{,}7612 \text{ nit}, & H(Y|X) = 2{,}2560 \text{ nit} \\ H(Y) = 2{,}3460 \text{ nit}, & I(X, Y) = 0{,}0900 \text{ nit} \end{array}\right\} \tag{17}$$

die Zahlenwerte

$$q(X|Y) = 0{,}0326 \quad \text{und} \quad q(Y|X) = 0{,}0384. \tag{18}$$

Die statistische Beurteilung dieser Zahlenwerte für die Abhängigkeitsmaße $q(X|Y)$ und $q(Y|X)$ können wir mit der von *Wahl* [26] angegebenen Methode vornehmen.

Seien Q_x und Q_y die Zufallsgrößen, deren Realisierungen die Größen $q(X|Y)$ und $q(Y|X)$ sind, und nehmen wir an, daß die beiden Zufallsgrößen X und Y stochastisch voneinander unabhängig sind (Nullhypothese), dann ergeben sich die Erwartungswerte für Q_x und Q_y mit $m = 22$ und $n = 34$ zu

$$\left.\begin{array}{l} EQ_x = \dfrac{(n-1)(m-1)}{2N \cdot H(X)} = 0{,}0014, \\ EQ_y = \dfrac{(n-1)(m-1)}{2N \cdot H(Y)} = 0{,}0017. \end{array}\right\} \tag{19}$$

Da die Zufallsgröße $2N \cdot I(X, Y)$ asymptotisch χ^2-verteilt ist (siehe *Holloway* und *Woodbury* [12], *Wahl* (26]) mit dem Freiheitsgrad $f = (m-1)(n-1)$ können wir prüfen, ob die Zahlenwerte (18) für die Entropieverhältnisse eine statistisch singifikante Abweichung von null ausdrücken.

Für den Freiheitsgrad $f = 693$ lauten die 1%ige und 0,1%ige Signifikanzgrenze der χ^2- Verteilung

$$\chi^2_{0.01} = 781{,}785 \quad \text{und} \quad \chi^2_{0{,}001} = 812{,}287.$$

Division dieser Größen durch $2N \cdot H(X)$ bzw. $2N \cdot H(Y)$ ergibt die 1%igen und 0,1%igen Signifikanzgrenzen der Zufallsgrößen Q_x und Q_y zu

$$Q_x(1\%) = 0{,}0016, \; Q_y(1\%) = 0{,}0019, \; Q_x(0{,}1\%) = 0{,}0017, \; Q_y(0{,}1\%) = 0{,}0020. \tag{20}$$

Da die gefundenen Zahlenwerte (18) für die Entropieverhältnisse diese Signifikanzgrenzen überschreiten, muß die Annahme, daß die Zufallsgrößen X, Y stochastisch unabhängig sind, verworfen werden.

Berücksichtigt man eine eventuelle Erhaltungsneigung im Datenmaterial nicht, dann weisen die Zahlenwerte (18) für die Entropieverhältnisse auf eine statistisch gesicherten stochastischen Zusammenhang zwischen der West-Ost- und der Nord-Süd-Komponente des horizontalen Windvektors in Potsdam hin.

Zur Demonstration der Aussagekraft der Abhängigkeitsmaße $q(X|Y)$ und $q(Y|X)$ und um einschätzen zu können, wie gut der gefundene Zusammenhang zwischen X und Y ist, denken wir uns folgende Modellverteilung 1. Die Zufallsgrößen X, Y seien mit gleicher Wahrscheinlichkeit $N_{ik}(N = K/N =$

$=1/M$ in M Punkten symmetrisch auf dem Kreis $x^2+y^2=1$ konzentriert (siehe *Abb.* 3). Die Gesamtanzahl der Realisierungswerte sei N, pro Punkt also $N/M=K$ Werte. Der Korrelationskoeffizient wird wegen der Symmetrie dieser Verteilung null, das würde bedeuten, die Zufallsgrößen sind unkorreliert (trotz vorgegebener funktioneller Abhängigkeit). Auch die Korrelationsverhältnisse dieser Verteilung sind null.

Für die Abhängigkeitsmaße q ergibt sich in diesem Modellfall aus (4) $H(X,Y)=\ln M$ und aus (12) sowie der *Abb. 3*

$$H(X)=H(Y)=\ln M-[(M-2)/M)]\ln 2$$

und damit nach einigen Umformungen

$$q(X|Y)=q(Y|X)=1-\frac{1}{\frac{M}{M-2}\frac{\ln M}{\ln 2}-1} \tag{21}$$

Speziell für $M=16$ folgt $q=0{,}72$, für $M=64$ erhalten wir $q=0{,}81$. Während also der Korrelationskoeffizient und die Korrelationsverhältnisse bei dieser zum Mittelpunkt symmetrischen Modellverteilung keinen Anhaltspunkt für eine funktionelle Abhängigkeit der Größen X und Y liefern, weist das Maß q doch recht gut auf eine solche hin.

Bei der vorgegebenen Ringverteilung wird $q<1$ für endliche M, weil die bedingten Entropien der Zufallsgrößen X und Y von vornherein nicht kleiner als $(1-2/M)\ln 2$ werden können, denn zu den möglichen Werten für X bzw. Y gehören jeweils zwei Werte für Y bzw. X (ausgenommen davon sind die Extremwerte der Zufallsgrößen, die nur jeweils einmal auftreten, siehe *Abb. 3*).

Besteht zwischen den beiden Zufallsgrößen nur ein stochastischer Zusammenhang in Form einer ringförmigen Verteilung, wie das bei dem Häufigkeitsfeld des Windvektors ungefähr der Fall ist, dann werden die mittleren bedingten Entropien nicht viel kleiner als *ln* 2. Es ist daher zweckmäßig, die Information $I(X, Y)$ durch $H(X)-\ln 2$ bzw. durch $H(Y)-\ln 2$ zu dividieren anstatt nur durch $H(X)$ bzw. $H(Y)$, um Maßzahlen für diesen topologischen Typus des stochastischen Zusammenhangs zu schaffen. Statt $q(X|Y)$ und $q(Y|X)$ führen wir daher die Größen

$$q^*(X|Y)=\frac{I(X,\ Y)}{H(X)-\ln 2}=\frac{H(X)}{H(X)-\ln 2}q(X|Y),$$

$$q^*(Y|X)=\frac{I(X,\ Y)}{H(Y)-\ln 2}=\frac{H(Y)}{H(Y)-\ln 2}q(Y|X) \tag{22}$$

als Informationsindizes bzw. als Abhängigkeitsmaße ein. Für das Modell der *Abb. 3* ergibt sich dann

$$q^*(X|Y)=q^*(Y|X)=1-\frac{1}{\frac{M}{2}\frac{\ln M}{\ln 2}-M+1}. \tag{23}$$

Speziell für $M=16$ folgt $q^*=0{,}94$ und $q^*=0{,}99$ für $M=64$, womit der funktionelle Zusammenhang in dieser Modellverteilung noch besser wiedergegeben wird.

Durch die Klasseneinteilung der Realisierungswerte der Zufallsgrößen in den Häufigkeitstabellen werden die Unterschiede zwischen r, q und q^* bei

einem stochastischen Zusammenhang in Form einer ringförmigen Verteilung natürlich nicht mehr so markant wie im Modellbeispiel der *Abb.* 3. Dazu sei noch eine weitere Modellverteilung angegeben. Die in der *Abb. 4* durch einen Punkt gekennzeichneten Klassen sollen alle die gleichen Besetzungszahlen

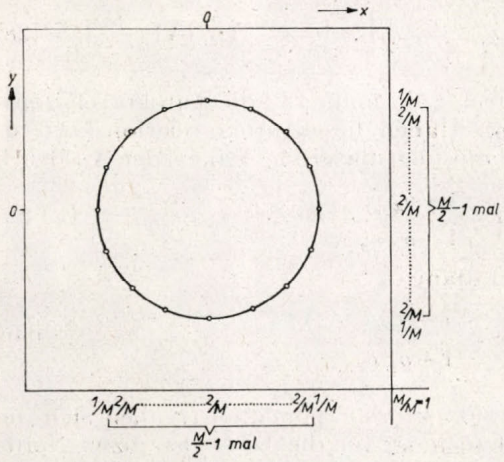


Abb. 3: Modellverteilung 1.

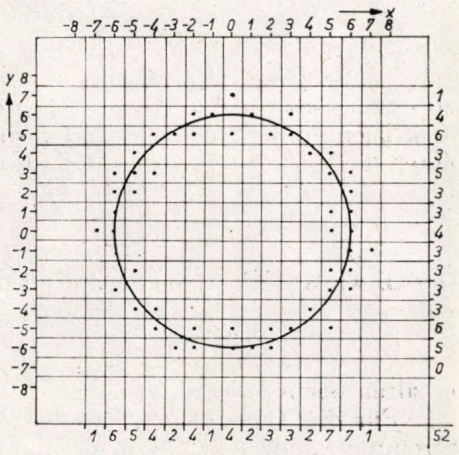


Abb. 4: Modellverteilung 2.

haben. Das Auftreten dieser Werte der Zufallsgrößen X, Y sei also wieder gleichwahrscheinlich. Es ergeben sich die folgenden Werte für die Maßzahlen des stochastischen Zusammenhangs dieser Modellverteilung 2:

$$\begin{aligned} r(X,\ Y) &= -0{,}04 \\ q(X|Y) &= \ \ 0{,}26, \quad q^*(X|Y) = 0{,}63 \\ q(Y|X) &= \ \ 0{,}45, \quad q^*(Y|X) = 0{,}62. \end{aligned} \tag{24}$$

Daraus ist zu ersehen, daß das Maß q^* den stochastischen Zusammenhang zwischen X und Y bei einer ringförmigen Verteilung weit besser erfaßt als der Korrelationskoeffizient r. Für das empirische Häufigkeitsfeld des horizontalen Windvektors in Potsdam erhalten wir für die Abhängigkeitsmaße (22) für die Jahre 1951 bis 1960 die Zahlenwerte

$$q^*(X|Y) = 0{,}044 \quad \text{und} \quad q^*(Y|X) = 0{,}055. \tag{25}$$

Als 5%ige Singifikanzgrenzen ergeben sich aus

$$Q_x(\alpha) = \frac{\chi^2_{\alpha(f)}}{2N \cdot (H(X) - \ln 2)} \tag{26}$$

mit $\chi^2_{0{,}05}(f = 693) = 755{,}594$ die Werte

$$Q_x(5\%) = 0{,}002 \quad \text{und} \quad Q_y(5\%) = 0{,}003. \tag{27}$$

Die Zahlenwerte (25) überschreiten bei der großen Stichprobenanzahl N = 87 672 die Signifikanzgrenzen (27), woraus wir auf eine stochastische Abhängigkeit der horizontalen Komponenten des Windvektors schließen können, wenn die Stichprobenpaare (X, Y) voneinander unabhängig sind.

3. Die Signifikanzaussage bei Erhaltungsneigung

Bei Signifikanztests, die sich auf voneinander abhängige Zahlenpaare (x_i, y_i) einer zweidimensionalen Zufallsgröße (X, Y) beziehen, ist anstelle des Stichprobenumfangs N der effektive Stichprobenumfang

$$N_{eff} = N / \left(1 + 2 \sum_{k=1}^{N-1} \frac{N-k}{N} r_x(k)\, r_y(k)\right) + 1 = 1 + N/\eta\,(N) \tag{28}$$

zu setzen (siehe *Taubenheim* [27]), wobei $r_x(k)$ und $r_y(k)$ die Autokorrelationskoeffizienten der Reihen x_i und y_i sind. Haben diese Autokorrelationskoeffizienten die Gestalt $r(k) = \varrho^k$ mit $\varrho < 1$, dann folgt für große N für η der Ausdruck

$$\eta\,(N \to \infty) = \frac{1 + \varrho_x\, \varrho_y}{1 - \varrho_x\, \varrho_y}, \tag{29}$$

so daß wir als effektiven Stichprobenumfang

$$N_{eff} = 1 + N \frac{1 - \varrho_x\, \varrho_y}{1 + \varrho_x\, \varrho_y} \tag{30}$$

erhalten (siehe *Olberg* [30]).

Für die Tagesmittelwerte der Windvektorkomponenten ergaben sich die Streuungsquadrate 12,51 m^2s^{-2} und 4,45 m^2s^{-2} für die West-Ost- bzw. Nord-Süd-Komponente sowie die Erhaltungszeiten 128 bzw. 95 Stunden (siehe *Olberg* [29]). Mit Hilfe der Streuungsquadrate s^2 für die Stundenmittelwerte, der Streuungsquadrate $\hat{s}^2$ und der Erhaltungszeiten $\hat{\varepsilon}$ für die Tagesmittelwerte ergeben sich die Erhaltungszeiten ε für die Stundenmittelwerte zu $\varepsilon = \hat{s}^2\hat{\varepsilon}/s^2$ (siehe *Olberg* [28]). Wir erhalten damit für die Erhaltungszeiten 103 Stunden für die West-Ost-Komponente und 65 Stunden für die Nord-Süd-Komponente. Wegen $\varepsilon = (1+\varrho)/(1-\varrho)$ entsprechen diesen Zeiten die ϱ-Werte $\varrho_x = 0{,}98$ und $\varrho_y = 0{,}97$. Damit ergibt sich für $\eta(N \gg 1) = 39$ und für den effektiven Stichprobenumfang $N_{eff} = 2249$ anstelle von $N = 87672$.

Berücksichtigen wir diese in der Datenreihe festgestellte Erhaltungsneigung, dann ist als Signifikanzgrenze für $q^*(X\,Y)$

$$Q_x\,(\alpha) = \frac{\chi_a^2(f)}{2N_{eff} \cdot (H(X) - \ln 2)} \tag{31}$$

anzusetzen. Es ergeben sich mit den entsprechenden Zahlenwerten die im Gegensatz zu (27) wesentlich größeren Grenzen

$$Q_x(5\%) = 0{,}081 \qquad \text{und} \qquad Q_y(5\%) = 0{,}102 \tag{32}$$

Die Erhaltungsneigung bewirkt also, daß die anfangs mit Hilfe der Abhängigkeitsmaße (22) gefundene Stochastische Abhängigkeit der beiden Windvektorkomponenten für das Häufigkeitsfeld nach *Tabelle I* statistische nicht gesichert werden kann.

Dazu müssen jedoch noch einige Bemerkungen gemacht werden. Die Potsdamer Auswertungen der Windregistrierungen erfolgten in den Jahren 1951 bis 1960 nach einer 32-teiligen Richtungsskala. Bereits *Lucke* [14] hatte darauf hingewiesen, daß diese „groben" Richtungsangaben ein strahlenförmiges Auseinanderlaufen der äußeren Zonen des Häufigkeitsverteilungsfeldes des horizontalen Windvektors ergeben. Dadurch werden einzelne Sektoren des Häufigkeitsfeldes zahlenmäßig gar nicht oder nur gering belegt, andere

dafür umso stärker, wodurch eine Bevorzugung einzelner Felder der zweidimensionalen Häufigkeitsverteilung vorgetäuscht wird. Das führt zu einer Vergrößerung der Entropiewerte und kann trotz Erhaltungsneigung der Wertepaare (X, Y) eine statistisch gesicherte stochastische Abhängigkeit der beiden Komponenten ergeben.

Zur besseren Erfassung der empirischen Häufigkeitsverteilung wurde daher für die vorliegenden Untersuchungen eine Spezialauswertung der Windrichtungsaufzeichnungen nach einer 64-teiligen Richtungsskala vorgenommen. Die sich ergebende *Tabelle I.* zeigt in den äußeren Feldern nur kleine oder gar keine Besetzungszahlen bei einer recht großen Klassenanzahl von $m \cdot n = 748$. Das bedingt einen großen Freiheitsgrad und damit einen großen $\chi^2_z(f)$-Wert bzw. große Signifikanzgrenzen (32). Um den Freiheitsgrad zu verkleinern (nach *Holloway* und *Woodbury* [12] sollten die Besetzungszahlen pro Klasse ungefähr größer als 5 sein), wurden die äußeren Klassen der *Tabelle I* zusammengefaßt (siehe *Tabelle III.*), so daß die Häufigkeitstabelle nur noch aus $m \cdot n = 14 \cdot 21 = 294$ Feldern besteht. Es folgt damit der Freiheitsgrad $f = 260$ für die χ^2Verteilung und die 5%ige Signifikanzgrenze $\chi^2_{0,05}(f = 260) = 298{,}852$.

Die der *Tabelle III* entsprechenden Entropiewerte ergeben sich im Gegensatz zu denen der *Tabelle* I entsprechenden Werten (17) zu

$$\left.\begin{array}{ll} H(X, Y) = 4{,}9970 \; nit, & H(X|Y) = 2{,}3711 \; nit \\ H(X) = 2{,}6926 \; nit, & H(Y|X) = 2{,}3044 \; nit \\ H(Y) = 2{,}6259 \; nit, & I(X, Y) = 0{,}3215 \; nit. \end{array}\right\} \tag{33}$$

Daraus berechnet man die Abhängigkeitsmaße zu

$$q^*(X|Y) = 0{,}161 \quad \text{und} \quad q^*(Y|X) = ,166 \tag{34}$$

und die Signifikanzgrenzen entsprechend der Gleichung (31) zu

$$Q_x(5\%) = 0{,}033 \quad \text{und} \quad Q_y(5\%) = 0{,}034. \tag{35}$$

Abschließend können wir also feststellen, daß mit Hilfe des über die Informationsentropie definierten Abhängigkeitsmaßes (22) nach Zusammenfassung der Randfelder der Häufigkeitstabelle I für den horizontalen Windvektor und bei Berücksichtigung der Erhaltungsneigung in der Reihe der stündlichen Zahlenwerte die stochastische Abhängigkeit der beiden horizontalen Windvektorkomponenten nachgewiesen werden kann.

LITERATUR

[1] *Багров, Н. А.*, Статистическая энтропия как иэра неопрецеленности и связанности случайных явлений. Мет. и Гицр,, Москва, №9 (1957), 48-48.

[2] *Багров, Н. А.*, Статистическая энтропия как показатель сходства или дазличия метеорологических полей. Мет. и Гицр., Москва, №1 (1963), 9-15.

[3] *Czelnai, R., Dési, F., Rákóczi, F.*, On the determination of the rational density of the temperature measuring network. Időjárás, Budapest, 67 (1963), 129 – 137.

[4] *Czelnai, R., Dési, F., Rákóczi, F.*, On determination the rational density of precipitation measuring networks. Időjárás, Budapest, 67 (1963), 257 – 267.

[5] *Czelnai, R., Dési, F., Rákóczi, F.*, On determination the rational density of precipitation measuring networks II. Időjárás, Budapest, 68 (1964), 1 – 9.

[6] *Czelnai, R., Dési, F., Rákóczi, F.*, Determination of the rational station-density in a temperature observing network. Időjárás, Budapest, 68 (1964), 65 – 72.

[7] *Czelnai, R., Dési, F., Rákóczi, F.*, On determining the rational density of precipitation measuring networks. Gerlands Beitr. Geophysik, Leipzig 75 (1966), 62 – 65.

[8] *Feinstein, A.*, Foundations of Probability Theory. New York /Toronto/ London 1958, p. 15.

[9] *Fey, P.*, Informationstheorie. Berlin 1963.

[10] *Günther, Th.*, Die Temperaturunbestimmtheit der Großwettertypen und die Temperatur- und Großwetterlagenunbestimmtheit im Winter. Zeitschr. Met., Berlin, 22 (1971), 189–193.
[11] *Hess, B., Brezowsky, H.*, Katalog der Großwetterlagen Europas. Berichte des Dtsch. Wetterdienstes, Offenbach a. M., Nr. 113 (1969).
[12] *Holloway, J. L., Woodbury, M. A.*, Application of Information Theory and Discriminant Function Analysis to Weather Forecasting and Forecast Verification. Techn. Report No. 1 to Office of Naval Research, Univ. of Pennsylvania, The Institute for Cooperative Research, Philadelphia, Penn. (1955).
[13] *Jaglom, A. M., Jaglom, J. M.*, Wahrscheinlichkeit und Information. Berlin 1965.
[14] *Lucke, O.*, Statistische Untersuchungen über die Stundenmittel des Windvektors in Potsdam während eines Jahres. Gerlands Beitr. Geophysik, Leipzig, 17 (1962), 337–378.
[15] *Olberg, M.*, Die monatliche Informationsentropie des horizontalen Windvektors in Potsdam für das Jahr 1951. Gerlands Beitr. Geophysik, Leipzig, 76 (1967), 201–206.
[16] *Olberg, M.*, Die Informationsentropie und Beständigkeit des Windes. Zeitschr. Met., Berlin 19 (1967), 195–201.
[17] *Rákóczi, F.*, Die Eigentümlichkeiten des Temperatur- und Feuchtefeldes in Ungarn und die Fragen des Beobachtungsnetzes. III. Konferenz für Karpatenmeteorologie Belgrad 1965.
[18] *Rákóczi, F.*, Die statistische Entropie als Charakteristik der meteorologischen Felder. Időjárás, Budapest, 72 (1968), 298–304.
[19] *Rényi, A., Balatoni, J.*, Über den Begriff der Entropie. Arbeiten zur Informationstheorie I. Berlin 1961.
[20] *Rényi, A.*, Wahrscheinlichkeitsrechnung. Berlin 1966, S. 233.
[21] *Shannon, C. E.*, A Mathematical Theory of Communication. Bell. System. Techn. Journal 27 (1948), 379–423, 623–656.
[22] *Smirnow, N. W., Dunin-Barkowski, I. W.*, Mathematische Statistik in der Technik. Berlin 1963, S. 263.
[23] *Suzuki, E.*, Weather Forecast and Entropy in Information Theory. Papers in Meteorology and Geophysics, Tokio, IX (1958), No. 2.
[24] *Taubenheim, J.*, Statistische Auswertung geophysikalischer und meteorologischer Daten. Leipzig 1969.
[25] *Van der Bijl, W.*, Das statistische Entropieverhältnis, ein Hilfsmittel zur Lösung von Vorhersageproblemen. Meteorol. Rdsch., Berlin (Göttingen) Heidelberg, 12 (1959), 33–36.
[26] *Wahl, E. W.*, Das statistische Entropieverhältnis, ein Hilfsmittel zur Lösung von Vorhersageproblemen. Meteorol. Rdsch., Berlin (Göttingen) Heildelberg, 8 (1955), 51–54.
[27] *Taubenheim, J.*, Zur Berücksichtigung der Autokorrelation bei der statistischen Signifikanzprüfung von Korrelationen zwischen zwei Zeitreihen. Gerlands Beitr. Geophysik, Leipzig, 83 (1974), 413–416.
[28] *Olberg, M.*, Veränderung der Erhaltungsneigung in meteorologischen Zeitreihen durch übergreifende Mittelbildung. Zeitschr. Met., Berlin, 22 (1971), 194–200.
[29] *Olberg, M.*, Die Erhaltungsneigung der horizontalen Luftströmung in Potsdam und die Koeffizienten des horizontalen Großaustausches. Zeitschr. Met., Berlin, 25 (1975), 197–204.
[30] *Olberg, M.*, Untersuchungen zur Signifikanzprüfung des periodischen Verhaltens und statistischer Parameter meteorologischer Zeitreihen. Wiss. Zeitschr. Humboldt-Uni. Berlin, Math.-Nat. R. XXV (1976), 423–427.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 82. évf. 1. szám. 1978. jan.—febr.
Journal of the Meteorological Service, Vol. 82. No 1 January—February 1978 Budapest

Élő szervezetben mért szerotonin és a meteorológiai tényezők változása

CSURI I. JÚLIA, *SOTE, I. sz. Anatómiai Szövet és Fejlődéstani Intézet, Budapest*, CSÁSZÁR MARGIT, *ELTE, Meteorológiai Tanszék, Budapest*

Biogenic Amines Measured in Living Organisms and Changes of Meteorologia Elements. In the serotonine content of rat brains a distinct annual variation has been detected during three years of experimentation (1973—1975). The serotonine level is low in summer and high in winter, in the autumn it is increasing and in the spring decreasing, exhibiting a close inverse correlation to the photo period. For determining the causes of the anomalies observed within the regular annual variation, the Authors computed correlations between the measured data and various meteorological factors, such as photoperiod, temperature, relative humidity, atmospheric pressure and precipitation.

⁂

Изменение содержания серотонина в живых организмах с метеорологическими факторами. По данным измерения количества серотонина в мозге рыс, проведенного в течение трех лет (1973—1975 гг.) отмечаются выраженные колебания этого количества с сезонами года. Уровень серотонина оказывается низким летом, высоким зимой, характеризуется повышением осенью и понижением весной, причем показывает тесную корреляцию — обратную связь — с фотопериодом. Для определения причин аномалий, выделяющихся в регулярном годовом ходу, авторами были сделаны попытки найти корреляцию между данными измерений с различными метеорологическими факторами: фотопериодом, температурой, относительной влажностью, атмосферным давлением, осадками.

⁂

Az élő szervezetek a biológiai órák útján reagálnak az őket érő külső hatásokra. Kétféle biológiai óra ismert: külső biológiai (exogén) óra és belső biológiai (endogén) óra [1]. A szinkronizátorok változásait az exogén óra érzékeli, majd ez az endogén órán át értesíti a szervezetet a külső változásokról és felkészíti azokra. A külső hatások jelentős hányada meteorológiai tényező.

A domináns szinkronizátorok szerepe már valamennyire ismert [2]. Már régen megfigyelték, hogy a világos és sötét periódus váltakozása, valamint a hőmérséklet ingadozása [3] milyen nagy hatást gyakorol az élőlényekre. Az utóbbi időben előtérbe került a környezet mint hatótényező vizsgálata is [4]. Mindinkább elismert, hogy az élőlényt körülvevő környezet erősen befolyásolja a szervezetében lejátszódó biokémiai és biofizikai folyamatokat. Kevésbé ismert a gyenge szinkronizátorok hatása, — akár a szimplexeké, akár a komplexeké.

Jelen tanulmányunkban a központi idegrendszer egyik fontos biogén aminja, a szerotonin mennyisége és a szinkronizátorok közötti összefüggésre vonatkozó vizsgálataink eredményét mutatjuk be.

Mindazon aminokat, melyek az élő szervezetben előfordulnak biogén aminoknak nevezzük. Az élő szervezetben többféle biogén amin funkcionál. A központi idegrendszerben legfontosabbak a katekolaminok és a szerotonin. A katekolaminokhoz azon vegyületek tartoznak, melyeknek ún. katekol magjuk van, azaz a benzol gyűrűn orto helyzetben elhelyezkedő két hidroxil csoport. E csoportba az amin-gyök elhelyezkedése szerint a dopa, a dopamin, a noradrenalin és az adrenalin tartozik. A szerotonin egészen más típusú vegyület

I. TÁBLÁZAT

A szerotonin tartalom [γ/g] értékekben, a patkány központi idegrendszerében (az oszlopokban a dőlt számok a mérések napját jelentik)

Év	Tél			Tavasz			Nyár			Ősz		
	dec.	jan.	febr.	márc.	ápr.	máj.	jún.	júl.	aug.	szept.	okt.	nov.
1973	0,73 *5*	0,90 *5*	0,83 *6*	0,71 *6*	0,64 *9*	0,54 *3*	0,44 *5*	0,24 *5*	0,53 *6*	0,68 *4*	0,54 *4*	0,52 *6*
1974	0,80 *4*	0,86 *3*	0,80 *5*	0,68 *5*	0,55 *4*	0,60 *3*	0,45 *5*	0,29 *4*	0,49 *6*	0,75 *4*	0,62 *3*	0,49 *6*
1975	0,82 *3*	0,86 *6*	0,76 *5*	0,67 *5*	0,63 *7*	0,52 *6*	0,34 *4*	0,20 *3*	0,45 *6*	0,75 *3*	0,55 *7*	0,63 *5*

(indol származék). Funkcióban is teljesen különböznek a katekolaminok a szerotonintól.

A biogén aminok szerepe az agy funkcióiban csak részben ismert és főleg vitatott a szerotoniné. Közismert, hogy a szerotonin mennyisége a különböző szervekben a nap különböző szakaszaiban változó. Ebből kiindulva kezdtük el vizsgálni a szerotonin évszakos változásait a domináns és gyenge szinkronizátorok függvényében.

Előző munkánkban [5] már beszámoltunk a szerotonin évszakos ingadozásairól. Jelen munkánkban csak utalunk az ott ismertetett eredményekre.

Módszerek

Vizsgálatainkhoz 200 g körüli albinó, him patkányokat használtunk. Az állatistálló ajtaja folyosóra nyílt, hőmérséklete közel állandó (20°C+2°C) volt. A helyiség természetes megvilágítást kapott, így benne az évszaknak megfelelően váltakozott a világos és sötét periódus. Az állatistálló tisztítása, az etetés, az állatok kezelése, a műtétek és a leölések mindig a nappali (a délelőtti) időszakra estek.

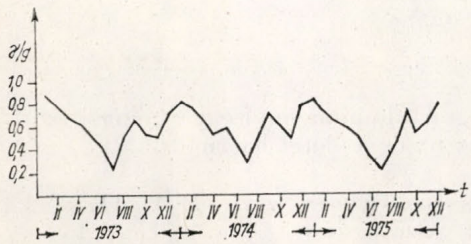
Az állatokat minden hónap első hetében dekapitáltuk, de. 10—12 óra között. Vizsgálatainkat 1973 januárjában kezdtük, 1974-ben folytattuk, majd 1975-ben zártuk. Így három éven keresztül volt módunkban figyelni a szerotonin mennyiségének ingadozásait. A biogén aminokat az agyból 75%-os etanollal vontuk ki, a szeretonint a többi biogén amintól oszlopkromatográfiával választottuk el. A meghatározáshoz Maickel módszerét [6] alkalmaztuk. Minden hónapban 10 állatot öltünk le és minden állatból öt párhuzamos meghatározást végeztünk. A megadott értékek ezen mérések átlagai.

Eredmények

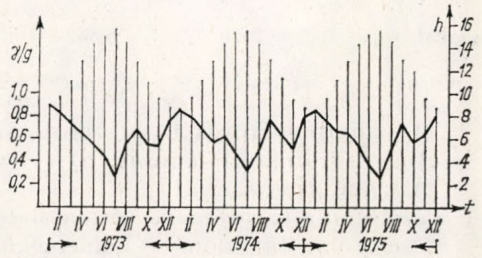
Az agyban levő szerotonin mennyiségének a három mérési év során kapott változásait az *1. táblázat*ban adtuk meg, az ingadozásokat szemléletesen az *1. ábrán* mutatjuk be. A meteorológiai tényezők megfelelő adatait az ábrákon vé-

kony oszlopokon tüntettük fel. Velük párhuzamosan a szerotonin értékeket folytonos vonallal jeleztük.

Az adatokból kitűnt, hogy a szerotonin mennyisége a különböző évszakokban erősen változott. A legmagasabb értékeket télen, a legalacsonyabbakat nyáron (júliusban) kaptuk. Ez egyúttal azt is jelenti, hogy a szerotonin tartalom és a hőmérséklet között közel fordított az összefüggés. Tavasszal a görbe



1. ábra: Patkányagyban levő szerotonin mennyiségének ingadozása 1973—1974—1975-ben γ/g-ben megadva.



2. ábra: A fotoperiodus értékei órákban és a szerotonin mennyiségének γ/g-ban kifejezett értékei 1973—1975-ben.

csökkenő, ősszel növekvő tendenciájú. Az évi menetben tehát határozott ritmus érzékelhető, melynek a téli hónapokban van a primér maximuma, a nyári hónapokban a minimuma, a szekundér maximum őszi időszakbam mutatkozott. 1974-ben, tavasszal is észleltünk egy szekundér maximumot.

A szerotonin mennyiségének ingadozása és a szinkronizátorok közötti összefüggéseket vizsgálva a következőket észleltük:

A szerotonin tartalom és a fotoperiódus közötti összefüggés tekintetében megállapítottuk, hogy szoros az összefüggés a világos periódus tartama és a szerotonin mennyisége között. *(2. ábra)* Amikor leghosszabb volt a világos periódus, akkor volt a legalacsonyabb a szerotonin mennyisége az agyban, tehát a kettő között a kapcsolat fordított, ez mindhárom évben egyértelműen megállapítható volt.

A szerotonin tartalom és a környezet közötti összefüggésről megállapítható, hogy a környezet hatása erős a szerotonin mennyiségének évszaki alakulására. A patkány, ha természetes életmódot folytat, éjszakai állat. Éjszaka aktívabb, de aktivitásának van egy második csúcsa is, amely a világos periódusra esik. Vizsgálatainkat beltenyésztésű patkányokon végeztük, amelyek sok generáción át ember-közelben éltek és kénytelenek voltak átvenni az ember napi ritmusát. A nappali takarítás, az etetés, az állandó zaj, — a belső éppúgy, mint a kintről behatoló, — gátolta őket abban, hogy alvásuk nagyobb részét nappal végezhessék. Így az állandó környezeti zavar, aktívabb periódusukat az éjszakai időszakról a nappali időszakra tolta át. Ez maga után vonta, a szerotonin mennyiség évszakos változását, így az évi menetet ábrázoló görbe olyan, mintha a patkány nappali állat lenne.

A szerotonin tartalom és a fotoperiódus, a szerotonin tartalom és a mérés napjának meteorológiai adatai közötti összefüggések számszerű értékelése céljából korreláció számításokat és regresszió analízist végeztünk.

A kapcsolat létezését és szorosságát kifejező korrelációs együttható értékeit a megfelelő minőségjelzővel a II. táblázatba foglaltuk.

II. TÁBLÁZAT

A szerotonin szint és az egyes meteorológiai paraméterek közötti korrelációs együtthatók (r) *értékei és a kapcsolat minősége*

A korreláció	Meteorológiai paraméterek				
	Fotoperiódus	Hőmérséklet	Relatív nedvesség	Légnyomás	Csapadék
együtthatója	−0,7929	−0,6620	0,5870	0,2435	0,1548
minősége	szoros	közepes	közepes	nagyon laza	nagyon laza

A szinkronizátorok és a szerotonin tartalom mennyiségi értékei közötti összefüggés számszerű leírására az $y' = a + bx$ egyenletet használtuk.

A számítások szerint

– a szerotonin tartalom – fotoperiódus összefüggést az $y' = 19{,}4 - 11{,}7x$
– a szerotonin tartalom – hőmérséklet összefüggést az $y' = 34{,}0 - 31{,}1x$
– a szerotonin tartalom – relatív nedvesség összefüggést az $y' = 23{,}9 + 54{,}0x$

egyenlet írja le.

A szerotonin tartalom – légnyomás között laza a kapcsolat, ezért nem jellemeztük egyenlettel. Ugyanez áll a szerotonin tartalom-csapadék közötti összefüggésre is.

A zavaró hatások pontosabb megfogalmazása valószínűleg többváltozós regressziós egyenletek felállítását és nemlineáris regressziónak megfelelő hatásfelületek meghatározását tenné szükségessé.

A továbbiakban a vizsgálat kiterjesztését és az eredmények komplex meteorológiai paraméterekkel való összehasonlítását tervezzük.

IRODALOM

[1] *Sollberger, A.:* Biological Rhythm Research Elsevier Publishing Comp. Amsterdam – London – New York. 1965.

[2] *Quay, W. B.:* 24 hour rhythm in pineal 5-HT and HIOMT-transferase activity in the macaque. Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 121, 946 – 948. 1966.

[3] *Njus, D. – Sulzman, F. M. – Hastings, I. W.:* Membrane model for circadian clock. Nature 248, 5444 116 – 120. 1974.

[4] *Quay, W. B.:* Differences in circadian rhythm in 5-HT according to brain regions. Am J. Physiol. 215/6 1448 – 1453 1968.

[5] *Csuri, I. J.:* Changes of serotonin content in rat's brain during the four seasons. J. interdisciplina Cycle Research (megjelenés alatt).

[6] *Maickel, R. R. – Cox, R. H. – Saillant, J. – Miller, F. P.:* A method for the determination of the serotonin norepinephrine in descrete areas of rat brain. Int. J. Neoropharmacol. 7, 275 – 281, 1968.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 82. évf. 1. szám. 1978. jan.—febr.
Journal of the Meteorological Service. Vol. 82. No 1 January—February 1978 Budapest

Monszun '77 — Kutatóút az Indiai-oceánon

SIMON ANTAL, *Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest*

A magyar meteorológiai szolgálat a GARP programok támogatásába kétféle módon kapcsolódik be. Egyrészt közvetlen költséghozzájárulással az önkéntes speciális kísérleti alapba, másrészt az egyes kísérleti alprogramok végrehajtásába, magyar szakemberek kiküldésével. Ezen a módon a magyar szakemberek közvetlen tapasztalatokat nyerhetnek a meteorológia időszerű elméleti és technológiai kérdéseiről, valamint aktív és kezdeményező részvételükkel növelhetik a magyar szolgálat nemzetközi tekintélyét.

Az első GARP célkitűzés középpontjában a légkör nagy térségű dinamikájának tanulmányozása áll, ezért a globális alprogramhoz kapcsolódó összes többi alprogramnak az a feladata, hogy a légkörnek a globális megfigyelő rendszer (WWW—GOS) felbontóképességénél kisebb skálájú fizikai folyamatait elemezze. A GARP eredeti tervei szerint a monszun vizsgálata a levegő-felszín kölcsönhatás alprogram egyik kísérleteként futott volna *Monsoon Experiment* néven. Azonban a JOC *(Joint Organizing Comittee)* ajánlására a monszun folyamatok tanulmányozását időközben önálló alprogram rangjára emelték.

A monszun alprogramon belül az első kísérlet az ISMEX-73 *(Indo-Soviet Monsoon Experiment)* volt, amelyet 1973. május 15. és július 10. között rendeztek meg az Arab-tenger térségében. Ennek keretében a Szovjetunió hidrometeorológiai szolgálatának négy kutatóhajóján, valamint két meteorológiai és óceonográfiai műszerekkel felszerelt, indiai partvédelmi hadihajón végeztek méréseket.

A második kísérlet 1977. május 11. és szeptember 13. között zajlott le a nyári monszun időszakában MONSZUN-77 (MYCCOH-77) névvel. E kísérlet során a tengeren mozgó kutatóbázis azonos méretű volt, mint az első kísérletben. Az indiai szubkontinens partjain és belsejében a kísérlet időtartamára sűrített meteorológiai és aerológiai állomáshálózatot üzemeltettek. Ugyancsak erre az időre valósult meg a MONEX adatközpont Új-Delhiben. Ez a központ az *1. ábrán* megadott folyamatábra szerint gyűjti az adatokat és végzi az adatfeldolgozást.

A monszun alprogram fő kísérlete a Monsoon Experiment (MONEX) lesz, amelyet az FGGE keretében, 1979-ben bonyolítanak majd le. A tervek szerint:

— az FGGE *(First GARP Global Experiment)* első speciális megfigyelési periódusa *(*SOP-I *(Special Observing Period):* 1979. január 5. — március 5. során a téli monszun különböző szempontjainak (hemiszférák közötti kölcsönhatások, hideg monszun hullámok, a Malájfélsziget és Indonézia intenzív esőzései) vizsgálatára;

— az FGGE második speciális megfigyelési periódusa (SOP—II: 1979. május 1 — június 30.) során a nyári monszun megindulása planetáris és makro-skálájú szempontjainak tanulmányozására;

— a SOP—II keretében 1979. május 15. és június 30. között a nyári monszun regionális szempontjainak (kölcsönhatások, hőforrásvizsgálatok, az Arab-tengeren folytatandó mérések) tanulmányozására;

— 1979. július 1. és augusztus 30. között a nyári monszun aktív és szünetelő periódusainak vizsgálatára, és végül

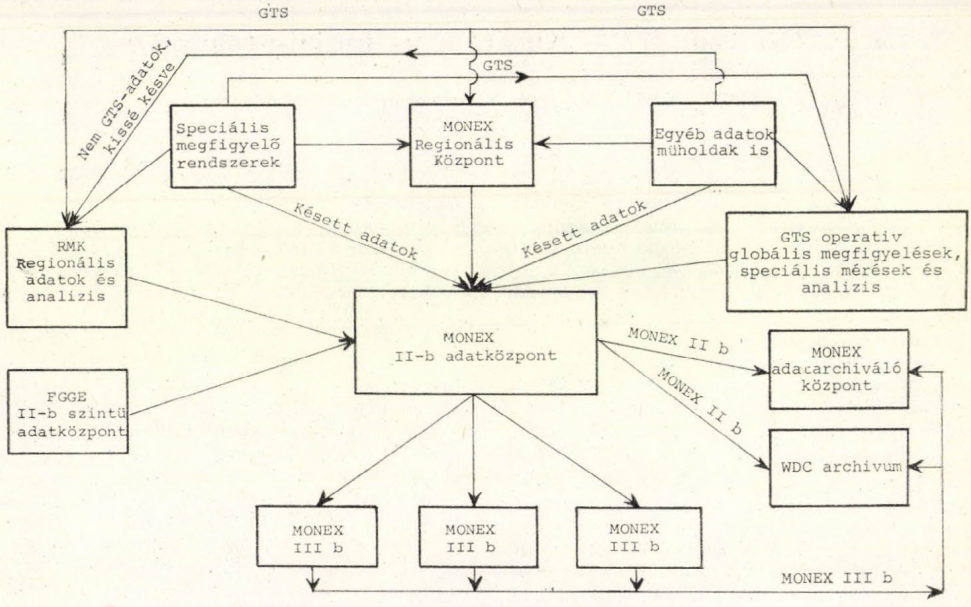
— 1979. július 15. és augusztus 30. között a monszun-depresszió és a közép-troposzférikus diszturbációk vizsgálatára kerül sor.

Mindhárom kísérletet óceonográfiai mérések egészítik ki. Az egyenlítői zónában a tengeráramlások tehetetlenségi-gravitációs alakzatainak tanulmányozására főleg a mélyáramlások négydimenziós vizsgálatai szolgálnak. A szomáli áramlás zónájában a szél és a nyugati áramlások kölcsönhatásának, valamint a mélyből feltörő áramlásnak a vizsgálata a cél. A szomáli partvidék tengeráramlási viszonyai nagy hatással vannak az Arab-tengerre. Tanulmányozzák még a levegő-tenger visszacsatolási mechanizmust is, kísérletesen és numerikusan egyaránt. Az Arab-tenger felszínének fizikai állapota jelentősen kihat a monszuncirkulációra.

India és környéke fölött a monszun megindulását május utolsó hete táján a csapadékhullás

jelentékeny megnövekedése jelzi. A *2. ábrán* a monszun megindulása dátumának térbeli előrehaladását adtuk meg. A monszun kezdete azonban egy kontinentális méretű hatalmas és komplex cirkulációs rendszer változásainak a következménye. A monszunos csapadék vízgőz-fedezetének számottevő részét az Arab-maximális amplitudójukat a 600 mb-os szint tájékán érik el, míg az alsó, illetve a felső troposzférában nem mutatnak zárt cirkulációt.

Magán a fő indiai monszunon belül szintén egy sor jelenség érdemel figyelmet. Mindenekelőtt úgy látszik, hogy a monszun megindulása összefüggésben áll a trópusközi konvergencia



1. ábra. Adatáramlás és adatgyűjtés a MONEX-ben

tenger fölött uralkodó, — a déli félteke délkeleti passzátjának folytatását képező —, délnyugati szelek szállítják. Ma még nem teljesen tisztázott, hogy ennek a vízgőz-készletnek hányad része származik a déli féltekéről és menynyi ered magának az Arab-tengernek a vízfelületéről. A képet mind a légkör, mind pedig az óceán speciális tulajdonságainak jelenléte komplikálja. Az alacsonyszinti jet és a szomáli tengeráramlás jelentékeny hő-, vízgőz- és impulzus-átvitelt bonyolít le, míg a térség nagy része fölötti alsó troposzféra inverziója a légtömeg transzformációt és ezzel a monszunális hőerő-mechanizmus hatékonyságát befolyásolja.

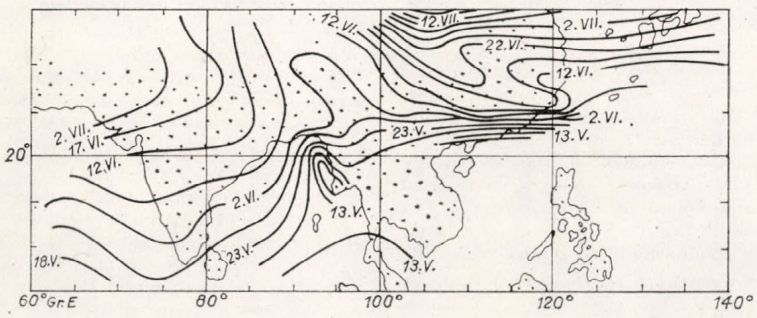
Július és augusztus folyamán a Bengál-öböl északi részén kialakuló monszun-depressziók a regionális időjárás fontos tényezőivé válnak. Eddig ezeknek a depresszióknak a szerkezetét csak a fejlődés előrehaladottabb stádiumaiban tanulmányozhatták, — kialakulásuk mechanizmusa nagymértékben ismeretlen. A közép troposzférikus ciklonok szintén heves esőzéseket idéznek elő az Arab-tengeren, a Bengál-öbölben és Hátsó-India déli részén. Ezek a ciklonok zóna (ITCZ) viselkedésével, s a két félteke nagytérségű képződményeivel is. A *3. ábra* a trópusközi konvergencia zóna téli és nyári földrajzi elhelyezkedését adja meg. Maga a monszun periódus aktív és szünetelő időszakokat foglal magában, amelyek a markáns cirkulációs változásokkal kapcsolatosak. A monszunnak ezek a változásai kötődhetnek a szinoptikus skálájú diszturbációk mozgásához, de a globális légköri cirkuláció változásaihoz is. Valójában az egész monszun rendszernek a két félteke troposzférikus és sztratoszférikus cirkulációjával való kölcsönhatása további vizsgálatokat követel meg.

A nyári monszun erős cirkulációját az érzékelhető és latens hő intenzív forrásai kormányozzák. A Tibeti-fennsík a közép troposzférában az érzékelhető hő forrásaként hat, míg az Indiára zúduló hatalmas esőzés a latens hőnek az alsó szintekig terjedő intenzív felszabadulását eredményezi. A téli monszunnak a kontinens felől áramló levegője délkelet Ázsiában okoz heves esőzéseket. Ebben a tartományban a hideg monszun hullámok, a száraz és nedves periódusok, valamint a téli monszunnak a

nagytérségű cirkulációval való kölcsönhatásai igényelnek további vizsgálatokat.

Már az ISMEX-73 előzetes feldolgozása alapján több új és alapvető megállapítást lehetett tenni a monszun cirkuláció sajátosságaira. A Szovjetunióban végzett analízis főbb eredményei az alábbiak voltak:

— A monszun megindulását megelőzően az ITCZ jelentős szerepet játszik a csapadék keletkezésében az indiai szubkontinens déli részén. A domborzat hatása a csapadékra a félsziget fölött a monszun megindulása után sokkal nagyobb, mint a premonszunális periódusban.



2. ábra. A monszunos csapadék kezdetének átlagos dátumai

a) *A monszun megindulása*, tekintettel a jelenség általános szemléletére:

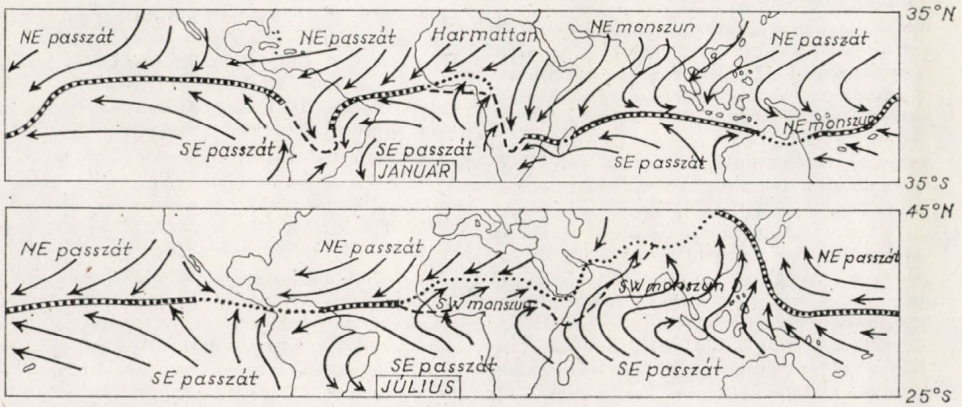
— magyarázatot lehetett adni a nyári monszun gyors megindulására az Indiai-óceán nyugati részén és ennek átterjedésére Indiára. A jelenség fejlődésére vonatkozóan az alábbiakat találták:

— a vizsgált időszakban a 300 mb-os geopotenciál mező változását és a monszun megindulásának több mint 10 napos késését figyelték meg a normál értékhez viszonyítva, noha a monszun-teknő a troposzféra alsó szintjeiben egyidejűleg lépett fel az esők megindulásával.

— A monszun megindulásával egyidejűleg a nyugatias szélirányok átfordulnak keleties szélirányokra.

— A monszun megindulásakor nagy kelet-nyugati orientációjú felhősávok alakulnak ki a déli Arab-tengeren. Ez összefüggésben van egy kelet-nyugati irányú bárikus teknővel, ami a 700 mb-on igen markánsan jelentkezik.

— A megindulási időszakban az Egyenlítő közeli felhőzet észak-északkeleti irányba tolódik azzal párhuzamosan, hogy az Egyenlítőn a felhőképződés aktivitása csökken. A monszun megindulása után a középső



3. ábra. A trópusközi konvergencia zóna (ITCZ) elhelyezkedése januárban és júliusban *(J. S. Sawyer* szerint): 1. Óceáni típus. 2. Kontinentális típus. 3. A monszunos alacsony nyomás közepes határa. A nyári időszakban az indiai térségben az egyenlítői terület mintegy egyenegyedében az általános cirkuláció a monszun cirkuláció által befolyásolt

troposzférában az egyenlítői területeken, főleg a 65°E hosszúság körül nagy kiszáradás lépett fel.

b) *A monszun aktív és megszűnési szakaszai;* Számos bizonyítékot találtak a monszun aktív és gyenge szakaszaiban a nyugati szélerősség különbségeire az Arab-tenger fölött, de ugyanitt nem tudtak megfigyelni jelentős különbséget a hőmérsékleti eloszlásban a monszun gyenge és erős periódusai között.

c) *A monszun szinoptikus képe:*

— Az egész periódus folyamán megfigyelték a 25—30 m/sec-os sebességű alacsony szintű jet jelenlétét az Arab-tenger középső részén 950—900 mb-ban.

— A végrehajtott analízis alapján szoros egymásra hatás látszott a délnyugati monszun helyi sajátosságainak változásai és a Dél-Ázsia fölötti nagyskálájú folyamatok, valamint az óceáni áramlások rendszerei között.

d) *A fizikai mennyiségek numerikus analízise:*

— A légkör az Arab-tenger fölött jól becsülhető nedvesség-összeget vesz fel.

— Az alsó troposzférában a nedvesség horizontális áthelyeződésének számításából kitűnt, hogy az Arab-tenger fölött az erős monszun idejében nedvességi divergencia lépett fel India irányában. A korábbi állapotban a nedvességi divergencia kicsi volt és néha egyenesen konvergenciát tapasztaltak. Az India nyugati partján keresztül haladó keleti irányú nedvesség-áthelyeződés összehasonlítható volt az Egyenlítőn keresztüli északi irányú nedvesség-áthelyeződéssel.

— Indiai kutatók szintén végeztek számításokat az Arab-tenger fölötti vízgőz-áthelyeződésre. Ellentétben más megfigyelésekkel, ők nedvesség-áthelyeződést találtak a déli féltekéről. Meg kell azonban jegyezni, hogy az idézett két vizsgálatban figyelembe vett időszak nem volt azonos.

— Számításokat végeztek a nedvesség-áthelyeződésre, a hőre és a vízgőzre. Az ezek közötti összefüggésekre végzett számítások eredményeit korábban angolszász szerzők publikálták. Tanulmányuk leírta az ITCZ jellemzőit a 10°N közelében. Úgy találták, hogy a vízgőz transzportja nem volt megbecsülhető a déli féltekéről az Arab-tenger irányába.

— 1973-ban megfigyelték a légtömeg szállítást az Egyenlítőn keresztül a 65°—70°E hosszúságtól nyugatra. A monszun megindulása után a levegő-átszállítás az Egyenlítőn keresztül kb. hatszorosra növekedett. A becslések szerint a nedvesség 2/3-a a déli hemiszférából áramlott át az Arab-tenger nyugati részébe.

— A függőleges sebesség számítása a premonszunális és monszun időszakban határozott különbséget fedezett fel az Arab-tenger fölött. A premonszumális szakaszban a függőleges sebesség áramlási rendszere hasonló az Arab-tenger keleti és középső részei fölött. Azonban a monszun megindulása után a 65°E-től nyugatra a troposzféra nagy részében a mozgás lefelé mutató, ugyanakkor a 65°E-től keletre a mozgás felfelé irányuló.

— Az energiamérlegre vonatkozó számítások szerint a konvektív folyamatok jelentősen hozzájárulnak e mérleghez a monszun alatt az Arab-tenger keleti felében.

e) *Numerikus kísérletek.* Az ISMEX—73 adatokra alapozva indiai és szovjet szakértőkből alakított munkacsoport numerikus monszun modellt dolgozott ki, a baroklin modell primitív egyenletei segítségével.

f) *Oceonográfiai tanulmányok.*

— Az ISMEX-73 folyamán a tenger felszínhőmérsékletének megfigyelésével hitelesítették a hidegebb víz jelenlétét a szomáliai partoknál. Ez az alacsony hőmérsékletű víz a monszunos időszak előrehaladtával kelet felé szétterjed.

— A nyári monszun döntő szerepet játszik a 100 m-es mélységig terjedő vízréteg hőmérsékleti rétegződésének kialakításában.

— Az Arab-tenger középső részén a felületi lehűlt vízzel a felső vízréteg erőteljes átkeveredése a szokásos 40—60 m-ről 75—100 m-ig terjed.

— A premonszunális időszakban az ITCZ befolyására a vízhőmérséklet csökkenését figyelték meg a különböző felszíni vízrétegekben.

— Kapcsolatot találtak az egyenlítői tengervíz közel kétéves oszcillációja és a vízhőmérséklet fluktuációja között.

Az ISMEX—73 igen hasznos adatokat szolgáltatott, amelyeket a MONSZUN—77 kísérlet terveinek pontosabbá tételéhez is hasznosítani lehetett.

A Szovjetunió az 1977-es kísérlet terveiben előzetesen három kiemelt kutatási területet jelölt meg: *a)* inverziós rétegek és alacsony szintű jet-ek az Arab-tenger nyugati részében, *b)* monszun depresszió és a középső troposzféra zavarai a Bengál-öbölben, *c)* a monszun megindulása, aktív és leépülési szakaszai.

A Szovjetunió Hidrometeorológiai Szolgálata a MONSZUN—77 kísérletre a „*Sirsov Akadémikus*" zászlós hajó vezetésével az „*Okean*", „*Priboj*" és „*Priliv*" nevű kutatóhajókat indította el 1977. május 4-én Vlagyivosztokból.

A hajók tudományos és alapszemélyzetén kívül meghívott, nemzetközi kutatógárda is részt vett az expedícióban. Az NDK meteorológiai szolgálata és Csehszlovákia két-két főt, Bulgária három főt, Lengyelország Jugoszlávia és a mongol szolgálat egy-egy főt, végül a magyar szolgálat *dr. Antal Emánuel (KLFI)* és *dr. Simon Antal (OMSZ)* személyében két főt delegált a kutatóútra. A meghívott kutatók részben saját speciális mérési programjukkal indultak, részben pedig a hajók kutatási alapfeladatainak ellátásába kapcsolódtak be. Még

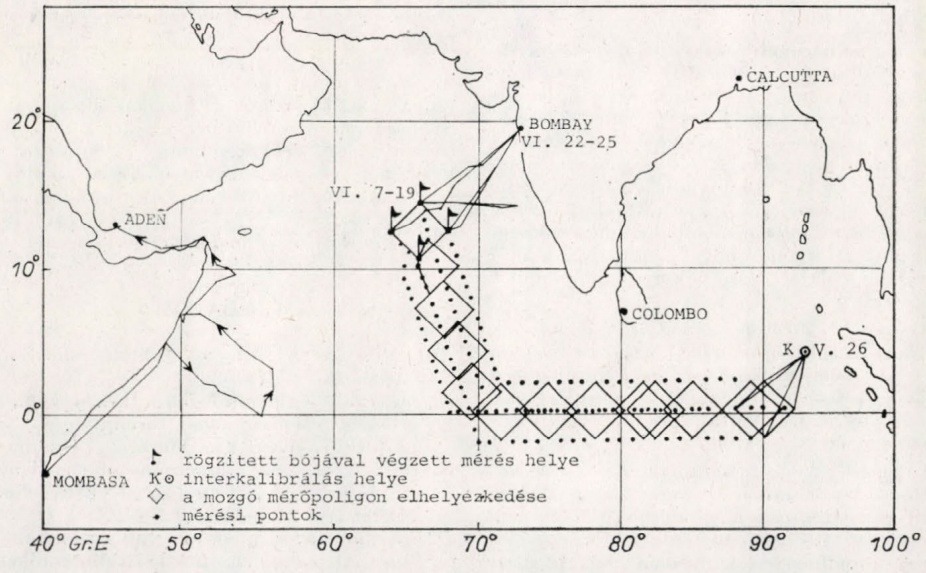
az expedíció kezdetekor Szingapúrban a hajókra egy-egy indiai szakember is felszállt.

A magyar szolgálat a kutatóútra történt meghívás vétele után „*Az óceáni területek fölötti légtér háttér-szennyeződésének műszeres vizsgálata*" témát jelentette be a szovjet szolgálatnál, melyben a magyar kutatók tevékenykednek. A magyar résztvevők a KLFI kutatásaihoz csatlakozva öt különböző mérést, illetve mintavételezést végeztek az expedíció folyamán: 1. Vizsgálták a látható fény összetételét és intenzitását nyolc sávban, interferenciaszűrőkkel felszerelt félvezetős (fotodiódás) aktinométerrel. 2.Fotoelektromos számlálóval (GARNER) mérték az Aitken-részecskék koncentrációját. 3. Ultramembrán szűrővel (NUCLEPORE) aeroszolrészecske-mintákat gyűjtöttek optikai- és elektronmikroszkópos kiértékelés céljaira, a részecskék nagyság szerinti eloszlásának meghatározásához. 4. A szulfátrészecskék tömegkoncentrációjának vizsgálatához ultramembrán szűrővel (SYNPOR) gyűjtöttek mintákat. Végül 5. a kéndioxid koncentráció meghatározásához végeztek mintavételezést.

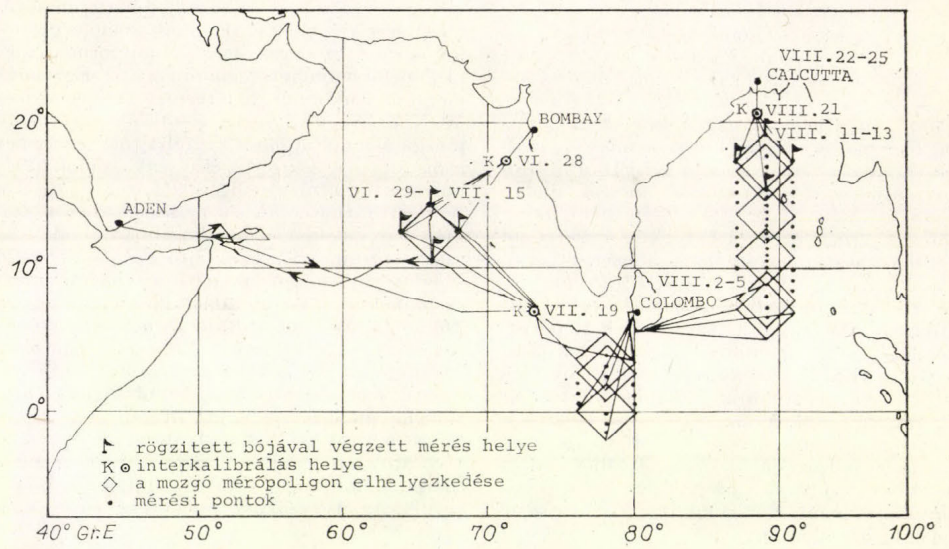
A végrehajtott mérések és mintavételezések kiértékelése még hosszadalmas, utólagos laboratóriumi munkát igényel, így az eredményekről csak később adhatunk számot. Az összegyűjtött minták feldolgozása a KLFI laboratóriumaiban történik meg.

A kutatóhajó-flotta 1977. május 26-án érkezett meg az Indiai-óceánon levő 4°00′N és 93°00′ E földrajzi koordinátákra, ahol először a használatba kerülő meteorológiai és hidrológiai műszerek interkalibrálását, vagyis a kísérletben részt vevő összes műszer egyidejű hitelesítését végezték el. E munka befejeztével a hajók az előre megszabott poligonformációnak megfelelő helyüket foglalták el az Egyenlítő mentén. Ekkor kezdődött meg ténylegesen a MONSZUN—77 kísérlet első szakasza, amely mozgó és álló hajókról végrehajtott méréseket irányzott elő. A kísérlet első szakaszának útvonalvázlata a mérőpoligonok feltüntetésével a *4. ábrán* látható. Ebben az időszakban a szomáli partvidéken a már korábban elindult és más programot is végrehajtó *Sokalszkij* nevű szovjet kutatóhajó vizsgálta a tengeráramlást és ennek hatására kialakuló felszín-levegő kölcsönhatásokat. A *4. ábrán* a Sokalszkij útvonala szintén szerepel. Az indiai hadiflotta két hajója ugyanekkor az Arab-tenger partmenti vizein kezdte meg meteorológiai és hidrológiai méréseit (e hajók útvonala az ábrán nincs feltüntetve). Az Arab-tenger közepén levő utolsó poligonban a négy hajó 1—1 automatikus, hidrológiai célú, rögzített bóját helyezett el. Az első szakasz utolsó részében a hajók saját bójájuk körzetében végezték a méréseket. Ez az időszak június 20-án ért véget, ezután a hajók bevonultak *Bombay* kikötőjébe, a szükséges tartalékok fölvételezése céljából.

A kísérlet második szakasza *(5. ábra)* június 28-án szintén interkalibrációval kezdődött. Ezután a hajók visszatértek az előző szakasz utolsó poligonjára és a bóják újbóli lehelyezése után két hétig helyben állva (a mindenkori széliránnyal szemben, a széllel azonos sebességgel haladva) végezték a méréseket. E program befejezésével a 6°30′N és 73°10′E földrajz



4. ábra. A MONSZUN-77 kísérlet első szakaszának útvonalvázlata. A négyszögek a résztvevő négy szovjet tudományos kutató hajó által kialakított mérő poligont jelzi. Az afrikai partoknál a Sokalszkij nevű kutatóhajó útja szerepel



5. ábra. A MONSZUN-77 kísérlet második (Colombóig) és harmadik szakaszának útvonalvázlata

koordináták metszéspontjában ismét kalibrálást végeztek. Ugyanitt a *Priliv* elhagyta az expedíció területét és szerepét az időközben beérkezett *Sokalszkij* vette át. A kalibrálás után a hajók ismét poligonformációt vettek fel és a 78°E meridián mentén mértek az ITCZ zónájában az Egyenlítő vonaláig. Ennek végeztével augusztus 2-án *Colombo (Sri Lanka)* kikötőjébe vonultak be, ahol ismét megtörtént a tartalékok pótlása.

A kísérlet harmadik szakasza (*5. ábra*, Colombótól Kalkuttáig) augusztus 7-én kezdődött. A négy hajó most a Bengál-öbölben vonult fölfelé északra poligon formációban, rendszeres mérések végzése mellett. Az öböl közepén a hajók az előző gyakorlatnak megfelelően bójákat helyeztek el és álló hajókról a Bengáli-öböl monszundepressziójáról gyűjtöttek rendszeres, igen értékes információkat. E méréssorozat augusztus 19-én fejeződött be. A MONSZUN-77 expedíció kísérleti része ekkor tulajdonképpen már véget ért.

A *Sirsov Akadémikus* és az *Okean* nevű hajók ezután a Hooghly-folyón (a Gangesz-delta egyik ága) át behajóztak *Kalkutta* kikötőjébe, a *Priboj* és a *Sokalszkij* pedig Szingapúron keresztül elindultak támpontkikötőjük, Vlagyivosztok felé.

Augusztus 23-án a kalkuttai *Birla Planetáriumban* közös indiai—szovjet szimpóziumra került sor *Monsoon Experiment*-1977 címmel, amelyen az 1977. évi mérések feldolgozásával előzetes eredményeket mutattak be. Az ülést *Y. P. Rao prof.* nyitotta meg, az elnöki tisztre pedig *dr. B. S. Chuchkalovot*, a szovjet monszunexpedíció tudományos vezetőjét kérték fel. A szimpozionon négy szekcióan összesen 32 előadás hangzott el, amelyből 12-öt szovjet, 17-et indiai előadók és 3-at a szovjet hajókon dolgozó vendég kutatók (NDK és bulgár) tartottak meg. A mérések befejezésétől eltelt rövid idő miatt az elhangzott előadások zöme leíró jellegű volt. Minőségileg új eredményről ennek megfelelően még nem lehetett szó, csupán a korábbi vizsgálatok nyertek részben tovább megerősítést.

A hajók augusztus 25-én hagyták el Kalkutta kikötőjét, majd a Bengál-öböl, Andamán-tenger, Maláj szoros útvonalon behajóztak *Szingapúrba*, ahol az utolsó készletek fölvétele történt meg. Végül szeptember 15-én kötöttek ki a Vlagyivosztok melletti *Nahodka* kikötőjében. Itt a meghívott vendég kutatók partraszálltak és ezzel az 1977-es nyári monszun kutatás kísérleti része befejeződött.

IRODALOM

The Monsoon Experiment. GARP pulications series No. 18. 1976.

Götz Gusztáv: A globális légkörkutatási program (GARP) Meteorológiai tanulmányok No. 17. 1977. július 27. OMSZ.

S. Basu et al. (red).: Monsoons of the World (Symposion). Meteorological Office, New Delhi 19—21 February 1958 X.

P. Rao: Southwest monsoon. India Meteorological Department, June 1976. Meteorological Monograph, Synoptic Meteorology No. 1./1976.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 82. évf. 1. szám. 1978. jan.–febr.
Journal of the Meteorological Service. Vol. 82. No. 1 January – February 1978 Budapest

Some Remarks on the Velocity of Flow with Friction

FARAGÓ, T. *Central Meteorological Institute, Budapest*

Néhány megjegyzés a súrlódásos áramlás sebességéről. A súrlódásos horizontális áramlás sebességére vonatkozó, részben általánosabb levezetés lehetőségét *Rákóczi* (1976) mutatta ki. Jelen tanulmányban a szerző tovább általánosítja e mozgásforma leírását és egy kvázigeosztrófikus közelítéssel kellően reális becslést ad a sebesség időbeli változására.

*

What are the influences that maintain the atmospheric phenomena of different form for a longer period? If we take into consideration the vector equation of the horizontal motion

$$\frac{d\bar{V}}{dt} + f\bar{k}\times\bar{V} = -\frac{1}{\varrho}\nabla p + \bar{S} \qquad (1)$$

and following *Defant-Defant* (1958), as it was also done by *Rákóczi* (1976), the frictional force is put proportional with the velocity

$$\bar{S} = -k\bar{V} \qquad (2)$$

then for the total temporal variation of the kinetic energy we shall have

$$\frac{dV^2}{dt} = -\frac{1}{\varrho}\bar{V}\cdot\nabla p - kV^2. \qquad (3)$$

In these equations $\bar{V}$, V, ϱ, p, k are the horizontal velocity, its magnitude, the density, the pressure and the frictional coefficient.

Let us omit the advection of the velocity, then only the local time derivative of the kinetic energy remains on the left-hand side of (3)

$$\frac{\partial V^2}{\partial t} = -\frac{1}{\varrho}\bar{V}\cdot\nabla p - kV^2. \qquad (4)$$

It is well-known that the pressure gradient perpendicular to the velocity vector in the case of the geostrophic approximation, so this first estimation provides the following solution

$$V = V_0 e^{-kt}. \qquad (5)$$

This formula results in the unnaturally fast dissipation of the kinetic energy. In the special case of $k = 1{,}2\times10^{-4}$ sec^{-1} being valid at middle latitudes and over the continents, the velocity will have the 10 p. c. of its initial value at 5,3 hr.

Rákóczi (1976) partially extended the above deduction. Using the gas equation the substituted the advection of the pressure force with terms related to the advection of the temperature and that of the density, then he assumed the stationarity of these later advection terms and at last he fixed he angle ε between wind velocity vector and the isobars. These suppositions give

$$V = \left(V_0 + \frac{A}{k}\right) e^{-kt} - \frac{A}{k}, \qquad (6)$$

where A is a function, among others, of the temperature and density gradients.

Now one must remark that (6), i. e. the integration of (4) in such a way can easily be generated.

Denoting the angle between the velocity vector and the pressure force by ε_1 (thus $\varepsilon_1 = 90^\circ - \varepsilon$) the scalar product in (4) may be written in the form

$$\bar{V}\cdot\nabla p = -V\cdot|\nabla p|\cos\varepsilon_1. \qquad (7)$$

Fig. 1 shows a possible arrangement of the above-mentioned vectors. For the motion with friction the velocity vector $\bar{V}$ deviates from the geostrophic one $\bar{V}_g$ to the lower pressure area (*Dési-Rákóczi*, 1970). Elimi-

nating the singular solution $V \equiv O$ (4) with (7) gives

$$\dot{V} = 1/\varrho \ |\nabla p| \ \cos \varepsilon_1 - kV. \qquad (8)$$

This is a linear inhomogen differential equation of first order. For the initial values $t = 0$, $V = V_0$ we shall have

$$V = (V_0 + \int_0^t B(s)\, e^{ks}\, ds) e^{-kt}, \qquad (9)$$

where

$$B = \frac{1}{\varrho} \ | \ \nabla p \ | \ \cos \varepsilon_1$$

Therefore the temporal variation of the wind velocity is a function of the frictional coefficient, the density and the advectional

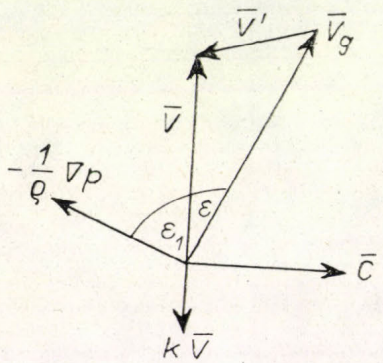


Fig. 1: Arrangement of acting forces and velocities. $\bar{C}$ denotes the Coriolis force, V' is the izallobaric wind velocity, other denotations are defined in text

conditions of the pressure (namely, the magnitude of the gradient and its position with respeect to the velocity vector). If particularly B independent of time

$$V = (V_0 - \frac{B}{k}) e^{-kt} + \frac{B}{k}, \qquad (10)$$

which is just equivalent to (6), because using the gas equation it can be proved that $B = -A$.

A futher simplification gives an approximation of the time-independence of the wind velocity, which is rather real as to its order of magnitude.

For this purpose we express the pressure gradient as follows

$$\nabla p(t) = \nabla p(t \pm \tau) \mp \nabla \dot{p}(t) \tau, \qquad (11)$$

where $\nabla \dot{p}$ is the izallobaric gradient. With reference to *Dési-Rákóczi* (1970) we may follow *Ertel*'s (1938) principle, which states that the right-hand and left-hand sides of the geostrophic (horizontal) equations of motion (i. e. the expressions of the geostrophic wind) should not be given for the same time instant but as the variation of the velocity may answer the variation of the pressure only after a time, we have

$$f(\varrho \bar{V})_t = -\bar{k} \times \nabla p(t \pm \tau). \qquad (12)$$

Moreover the ageostrophic wind determines the izallobaric gradient in (11)

$$f(\varrho V')_t = \mp \tau \bar{k} \times \nabla \dot{p}(t). \qquad (13)$$

So (11) – (13) give

$$|\nabla p| = f \varrho V_g, \qquad (14)$$

which exactly corresponds to the geostrophic approximation. The behaviour described by (11) – (14) just expresses the tendency of the atmosphere to fall in a ballanced motion. Taking into account that the izallobaric wind is only 10 – 20 p. c. of the actual wind in average (*Götz*, 1967) now we shall use the estimation

$$|\nabla p| = f \varrho V. \qquad (15)$$

In addition we remark that e. g. for the gradient wind $V < V_g$ in general (*Wiin-Nielsen*, 1973). In this case (8) alters into

$$\dot{V} = -(k - f \cos \varepsilon_1)\ V \qquad (16)$$

whose solution is

$$V = V_0\ exp\ [(f \cos \varepsilon_1 - k)\ t]. \qquad (17)$$

The declination of V from Vg is about $\varepsilon = 30^\circ - 50^\circ$ at the middle latitudes, over the continents (*Dési-Rákóczi*, 1970) so $\cos \varepsilon_1 > 0$. This means that

$$-k + f \cos \varepsilon_1 > -k,$$

consequently in this case the decrease of the velocity is slower in comparison with the simplest estimation (5). Moreover $f \cos \varepsilon_1 - k > 0$ involves its (temporal) increase. (However the elementary approximation of the frictional force (2) becomes less appropriate the larger V.) Particularly, at the middle latitudes over continents we may derive

$$-2 \cdot 10^{-5} \geq -k + f \cos \varepsilon_1 \geq -6 \cdot 10^{-5},$$

which means in other words that the wind velocity takes the 10 p. c. of its initial value at about 10,6 – 31,8 hr.

More exact estimation of the temporal variation of the velocity may be computed by the direct use of (9) or by generalization of the above given solution with retaining the advection of the velocity in (3).

REFERENCES

Defant, A. – Defant, F., 1958. Physikalische Dynamic der Atmosphäre. Akad. Verl., Frankfurt am Main.

Dési F. – Rákóczi F., 1970. A légkör dinamikája (Dynamics of the Atmosphere). Tankönyvkiadó, Budapest.

Ertel, H., 1938. Methoden und Probleme der Dynamischen Meteorologie. Springer Verl., Berlin.

Götz G., 1967. Dinamikus meteorológiai áttekintés (Review on Dynamical Meteorology); Az időjárás dinamikus előrejelzésének alapjai (Principles of Dynamical Weather Forecasting) ed. Ambrózy P. Orsz. Meteorológiai Intézet, Budapest.

Rákóczi F., 1976. A szélsebesség időbeli változása surlódásos áramlás esetén (Temporal Variation of Wind Velocity in the Case of an Air-Flow under Friction). Időjárás, 5., 292 – 294.

Wiin-Nielsen, A. 1973. Compendium of Meteorology, Vol I. Part 1.: Dynamic Meteorology. WMO No. 364, Geneva.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 82. évf. 1. szám. 1978. jan.—febr.
Journal of the Meteorological Service. Vol. 82, No 1 January—February 1978 Budapest

Tervezet a légkör középső rétegének kutatására (Middle Atmosphere Program: MAP)

BORBÉLY EDIT, *Központi Meteorológiai Intézet, Budapest*

Az Amerikai Egyesült Államok Illinois államának Urbana nevű városában tartották meg 1976 júniusában a légkör középső részének kutatási programjával foglalkozó konferenciát. A tanácskozás összhívásának elsődleges célja az volt, hogy a közeljövőben indítandó nemzetközi programot megtárgyalják. Ehhez azonban szükséges volt az idevonatkozó tudományos ismeretek felvázolása is, így a jelentés azokat a kutatási eredményeket is tartalmazza, amelyek az utóbbi időkben az egyes bizottságok által rendezett szimpóziumokon ebben a tárgykörben elhangzottak. Ezekből egy összefoglaló jelentést készítettek, amely egyrészt az eddigi kutatási eredményeket, másrészt a jövőre vonatkozó terveket tartalmazza.

A légkör középső részén a 15 km-től a 100 km magasságig terjedő légréteget értik. A felső sztratoszféra néhány évtizeddel ezelőtt még „terra incognita" volt, és éppen az újabb idők technikai fejlődése teremtette meg a lehetőséget ahhoz, hogy műszeres mérésekkel vizsgálhassuk ezeket a régiókat. A készülékek egy része behatolva a rétegbe, a helyszínen szerez információkat, mások a Földről tehát alulról, ismét mások a mesterséges holdakról, azaz felülről végzik el a vizsgálatokat. Mindhárom mérési rendszer helyet kap a MAP (Middle Atmosphere Program) tervezetben.

A MAP 1980-ban kezdődik és 5 évi időtartamra tervezik. Az előkészítő csoport vezetője *J. B. Gregory*. A csoport által előterjesztett általános tervezetet az Urbanaban megtartott értekezleten részleteiben is megtárgyalták és meghatározták a tudományos témákat és módszereket. A középatmoszférikus programnak az a célja, hogy tudományos ismereteket nyerjünk a következő kérdésekre:

1. Mi a valószínűsége annak, hogy az emberi tevékenység következtében a Föld légköre megváltozik, azaz, hogy az ózonkoncentráció állandó csökkenése károsan befolyásolja a légkör összetételét?

2. Milyen szerepet játszik a légkör középső rétege az éghajlati változások meghatározásában?

3. Melyek azok a folyamatok, amelyek által a Nap hatást gyakorol a Föld légkörére?

Első és legfontosabb kutatási terület az ózonréteg tanulmányozása, mert az ózonréteg vastagságának csökkenése következtében az ultraviola sugarak behatolása a légkör alsó rétegeibe, biológiai károsodást idéz elő a Föld élővilágában. Ilyen károsító hatások a következők lehetnek: bőrrákos megbetegedések számának növekedése; mezőgazdasági vonatkozásban a természetes ökológiai egyensúly megbomlása; az erősödő ultraviola sugárzás csíraölő hatása; a fotokémiai effektusokból eredő szmog fokozódása és más biológiai anyagok felbomlása fotokémiai úton.

Felsorolják, hogy mely tényezők veszélyeztethetik az ózonréteg fennmaradását. Első helyen a repülést említik, ugyanis a szuperszónikus repülőgépek okozzák a legnagyobb problémát, mert a motorokból kiáramló anyagok katalitikusan lebontják az ózonmolekulákat. Bár a szubszónikus repülőgépek ózoncsökkentő hatása kisebb az előbbinél, a katonai repülőgépek pedig kis számban közlekednek, a jövőben feltétlenül figyelni kell a repülőgépek ilyen vonatkozású hatására.

A vulkánkitörések alkalmával igen sok nitrogénoxid jut fel a troposzférába, ill. a sztratoszférába, amely szintén bomlasztja az ózont. A rakéták indító anyaga minden esetben valamilyen ammónium származék, ez azonban elhanyagolható.

Fontosak azonban a halogén komponensek, a fluor-klór metánok, a bróm, valamint a különböző égéstermékek. Ezek

azonban csak hosszabb idő múltán fejtik ki hatásukat.

Az elmúlt évezredek éghajlati változásait elég jól ismerjük. Tudomásunk van igen nagy mértékű éghajlati változásokról (jégkorszakok), amelyek a jövőben ugyanígy bekövetkezhetnek. Az eddigi vizsgálatok szerint a sztratoszférikus és troposzférikus változások elsősorban termikus eredetűek. Igen fontos és még korántsem eléggé ismert a troposzférikus és sztratoszférikus vízgőz hatása. Néhány mérés és bizonyos elméleti meggondolások szerint az egyenlítői tropopauza hőmérséklete 3 K°-kal fog növekedni. Az egyenlítői tropopauza hőmérsékletének ilyen mértékű változása maga után vonja a következő 50 éven belül, a troposzféra nem állandó gázainak, különösen a CO_2 és a fluor-klór metánok növekedését.

A klimatológiai változások értelmezése és vizsgálata céljából a MAP szerint a következők fontosak:

1. A klimatológiai trendek és a hőmérsékleti változások ciklusai közötti kapcsolat állandó és hosszú távú kutatása akkor is, ha ezek nagyon kicsinyek és jelenleg elhanyagolható mértékűek. Ebből a célból a standard készülékek kialakítása, a standard mérések sűrűbb időközökben való teljesítése, valamint a különböző típusú készülékek érzékelőinek az összehasonlítása szükséges.

2. Az ózon változásának földrajzi szélesség és hosszúság menti meghatározása.

3. A sztratoszférában és az alsó légkörben az infravörös abszorpció és emisszió kapcsolatának jobb megértése.

4. A CO_2, a H_2O és a fluor-klór metánok, valamint más nyomgázok sugárzási szerepének tisztázása.

5. A troposzféra és a sztratoszféra kapcsolata a planetáris hullámok révén.

6. A jellegzetes nyomgázok szállítódási mechanizmusa a troposzféra és a sztratoszféra között.

A Nap és Föld kapcsolódó jelenségeinek vizsgálata eddig csak statisztikai összehasonlítás alapján történt. A fejlettebb híradástechnikai eszközök tették lehetővé és egyúttal kívánatossá is ezeknek a kérdéseknek a tanulmányozását. Az ionoszféra „D" rétegének vizsgálata pl. a rádióhullámok terjedése szempontjából igen lényeges. Jó rádiókapcsolat megteremtése a hajózásnál, a repülésnél, az űrhajózásnál, valamint a mesterséges holdak adatainak vételi viszonyai szempontjából egyaránt fontos.

A MAP gyakorlati programja

A légkör fizikájának és kémiájának komplexitása megkívánja a rendelkezésre álló kísérleti technikának koordinált alkalmazását, beleértve a talajon elhelyezett, a helyszínre juttatott és a távolabb felállított mérőeszközök sokféle változatát. Ezek a mérések fognak adatokat szolgáltatni az elméleti meggondolások és a modellek képleteinek igazolására.

A talajon a méréseket részben hagyományos, részben új módszerekkel végzik. Passzív optikai rendszerek mérik az égboltfényt abból a célból, hogy az oxigén molekulák, az oxigén atomok és a Na koncentrációját meghatározhassák. A szürkületi fényben pedig az Na, K és az ózon koncentrációját. Aktív optikai módszerekkel, azaz Lidar mérésekkel is mérhetők a fent említett elemek és differenciált abszorpciós módszerekkel az O_3, No_2, SO_3, Mg és a H_2O koncentrációi. Talajról végzendő mérések még a radaros szélmérés, a 80–100 km-ig terjedő magasságban, valamint a driftek mérése, amelyek az 55 és a 105 km-es magassági tartományról adnak információt. A Lidar technikával a nyomelemek követhetők lesznek, akusztikus mérésekkel pedig hőmérséklet és szélmérést fognak végezni. Az alsó ionoszféra ionizációs mértékét az 55 – 89 km-es magasságból történő részleges visszaverődési technikával, továbbá ionszondával és fázismagasság-mérésekkel határozzák meg.

A helyszínre juttatott léggömbökkel 30 km magasságig a szokásos elemeket mérik, a rakétaszondákkal pedig az ionizált légköri összetevőket és az ionsűrűséget. Igen sok helyen terveznek repülőgépes vizsgálatokat. Ezekre érzékeny műszerek szerelhetők fel, mint pl. a semleges alkotó elemek mérésére szolgáló rezonancia-mérő. A helyszíni technikák sikeresen és gyorsan alkalmazhatók.

A laboratóriumi mérésekhez tartoznak a különböző abszorpciós és emissziós spektrum vizsgálatok, a lézer technika alkalmazásának a kidolgozása, valamint az egyes gázok közötti reakciók sebességének megállapítása.

Néhány címszó még az előkészítendő vizsgálatokról: Gázok színképi vizsgálata a sztratoszférában lévő gázok elemzése szempontjából és gázok mintavétele; elektron-ütközések mérése; a molekuláris oxigén, nitrogén, krypton stb. mérése; infravörös abszorpciós és emissziós mérések; a légköri alkotóelemek lézer sugárral történő elnyelési és szóródási vizsgálata.

A program két nagyobb témából áll, amely időben is elkülönül egymástól „A" és „B" periódusra. Az „A" program 1978 – 1981-ig tart. Első szakaszában a troposzféra-sztratoszféra közötti kölcsönkapcsolatokat, ill. mezoszférikus viszonyokat kutatja, valamint a troposzférában jelenlevő nitrogénoxidok és hidrogénoxidok családjába tartozó reakciókat, továbbá a

vulkánok és viharok által okozott perturbációkat, a nukleáris kísérletek anyagai, az égéstermékek és a fertőtlenítő szerek miatt kialakult változásokat. Az „A" prgoram második szakaszában a poláris régiók feletti viszonyokat, az északi fényt okozó töltött részecskék energetikáját és ezek hatását, a világító felhőket, a mezopauza környezetében kialakuló dinamikai viszonyokat, az ionfelhők mozgását és az onnan visszaverődő rádióhullámokat és ezek szóródását vizsgálják.

A „B" program kutatásai az 1981 és 1985 közé eső időszakban történnek. Erre az időszakra a nagy magasságokba feljuttatott mesterséges holdakról történő méréseket tervezik. Új űrkutató berendezéseket bocsátanak fel, amelyek közül némelyek véglegesen fennmaradnak a világűrben, mások visszatérnek és esetleg többszöri felbocsátásra is alkalmasak lesznek. A fent említett berendezésekkel az egész Földre kiterjedő, globális méréseket végezhetők.

Az „A" és „B" periódusban tervezett méréseket természetesen koordinálják és a mérési programban szereplő értékes paramétereket táblázatokban közlik, megjelölve a készülékeket és berendezéseket is, amelyekkel a méréseket végezték. Terveznek továbbá olyan méréseket is, amelyekből sorozatokat kell előállítani és egy vagy két hét alatt vagy a tél, vagy a nyár kezdetén, a méréseket nemzetközi mérési periódusokban, gyakrabban végzik. Az időpontokat a világhálózat kommunikációs központjai adják meg, hogy a mérések egyidejűsége biztosítva legyen.

A MAP mérései által szolgáltatott adatok értelmezése

A tervezetnek ez a része a modellezéssel foglalkozik. A modellek készítésénél igen fontos az eredmények területi érvényességének a megállapítása, amely csak 3 dimenziós modell felállításával érhető el. Ez megkívánja a kémiai egyensúlyi állapot ismeretét, valamint a sugárzási és az áramlási folyamatok megfelelő paramétereinek kiválasztását. A kémiai egyensúlyi állapot meghatározásához ismerni kell az aeroszolok képződése és a felhőkből való csapkiesés közötti kapcsolatot, valamint a talajfelszínnek az egyes összetevők képződésére ill. felbomlására vonatkozó hatását.

Nagyméretű légköri mozgások

Az atmoszféra szerkezete és sugárzási tulajdonságai nem értelmezhetők a nagy méretű légköri mozgások ismerete nélkül. Lényeges szerepet játszanak a nyomelemek szállításában, valamint a sugárzási hőmennyiség kiegyenlítésében is.

A zónális cirkuláció legfontosabb jellemzője a sugárzás által kialakított nyári keleties és téli nyugatias áramlás. Ez az évi ciklus lényegében a hőmérsékleti eloszlás miatt alakul ki, a meridionális hőmérsékleti gradiens évszakos változása következtében, amelyet az ózonréteg sugárzás által történő felmelegedése még erősít. Ez az áramlás mindkét félgömbön a közepes szélességeken figyelhető meg. A szél maximuma a 60 m/s-ot is elérheti. Ezek a planetáris hullámok elsődlegesen a troposzférában keletkeznek és vertikálisan terjednek a közép-atmoszféra felé. Ezek a mozgások a szokásos módon kétféle hullámtípusra oszthatók: stacionárius és csillapított hullámokra. Az előbbiek évszakosan változnak és a topografia, valamint a szárazföld és óceán közötti hőmérsékleti különbségek miatt keletkeznek. Ezeknek a szerkezetét a közepes zónális szél forrásai és eloszlásai határozzák meg.

A csillapított hullámok 1–4 hetenként változnak. Ezeknek a hullámoknak a keletkezését még nem ismerjük teljesen. Valószínűleg a troposzférikus erőtér gyors változásai alakítják ki.

Az újabb elméleti tanulmányok kimutatják, hogy normális feltételek mellett a stacionárius planetáris hullámok nem váltanak ki változásokat a közepes zónális áramlási eloszlásban. Ezeknek a folyamatoknak a leglátványosabb megnyilvánulása télen a gyors sztratoszférikus felmelegedés, a magas szélességeken. Ezeket a felmelegedéseket a planetáris hullámok erősödése jellemzi és növeli hőmennyiség szállítását a pólus felé, amely a poláris terület felmelegedését eredményezi és megfordítja a hőmérsékleti gradiens irányát, amely normális esetekben a pólustól az egyenlítő felé irányul. Kisebb felmelegedések majdnem szabályosan 2–4 hetenként történnek mindkét félgömbön a téli évszakban. A nagy felmelegedések természetesen sokkal ritkábbak és ezek egyúttal a mezoszféra lehűlését is eredményezik.

Az egyenlítői területeken két igen fontos ciklus található, a féléves és a kvázi 2 éves oszcilláció. A féléves oszcilláció az egyenlítői sztratopauza magasságában észlelhető, nyugatias irányítottsággal a napéjegyenlőség idején és keleties a téli és nyári napfordulók idején. Maximális amplitudója 30 m/s. A keleties szél valószínűleg a téli félgömb planetáris hullámai által keltett, a pólus felé való áramlások és a nyári félgömb egyenlítő felé irányuló sodrásának a Coriolis erővel való kapcsolódása okozza. A nyugati áramlás keletkezése egyelőre még nem ismeretes.

A kvázi 2 éves oszcilláció az alsó sztra-

toszférában mutatkozik. Közepes amplitudója 15 m/s. A mérések és az elméleti tanulmányok szerint a kvázi 2 éves oszcilláció a vertikálisan terjedő egyenlítői hullámok által keletkezik. Két hullámrendszer mutatkozik meg az adatokban. Egyik a kelet felé irányuló ún. *Kelvin* féle, másik pedig a nyugat felé terjedő ún. *Rossby*-féle nehézségi hullámok rendszere. Az előbbiek hullámhossza 20–40 000 km és 10–20 naponként, az utóbbiak legfeljebb 10 000 km hullámhosszúak és 4–5 naponként ismétlődnek. Mindkét hullámrendszer a troposzféra nagy méretű meteorológiai folyamataiból alakul ki, exakt mechanizmusa azonban még nem ismeretes.

A légköri árapály hullámok közül a félnapos és az egész napos hullámok a legismertebbek, amelyeket az ózon és a vízgőz által elnyelt sugárzásból adódó hőmérséklet változás okoz. A megfigyelt amplitudók 1–2 m/s nagyságúak a 30 km-es magasságban, 5–10 m/s nagyságúak és 50 km magasságban és kb. 40 m/s értékűek a 60 km magasságban. A klasszikus árapály elméleten alapuló számítások néhány részlettől eltekintve megegyeznek a mérésekkel. Jobb egyezést kapunk, ha a hőmérséklet és a közepes zónális szél hatásait is beépítik a modellbe. Ez a modell azonban nem alkalmas arra, hogy az évszakos változásokat megmagyarázzuk.

Felmerül tehát a kérdés: milyen részfeladatok kutatására van szükség? – A zónális áramlási folyamatok tisztázására a déli féltekén, a napi változások megállapítására minden magassági szintben és a 60 km szinttől felfelé az alsó termoszféráig információk gyűjtésére. Meg kell határozni a sztratoszférikus planetáris hullámoknak a troposzféra áramlásaira kifejtett hatásukat. Az egyenlítői hullámok vizsgálatához mérni kell a 35 és 60 km magasság között ezeket a hullámokat és elméleti meggondolásokat is kell végezni a *Kelvin* hullámokat illetően. Az árapály hullámok további vizsgálatához a 60 és 80 km közötti szinteken kell több mérést végezni. A nehézségi hullámoknak a turbulens keveredésben és a disszipációban van szerepük, különösen a 80 km magassgától felfelé. Meg kell határozni a hullámok globális méretű időbeli és térbeli spektrumait, valamint a hullámképződés forrásait a troposzférában.

Sugárzással kapcsolatos feladatok

1. A napsugárzás behatolása a légkörbe és a sugárzási hő áramlása.
2. A színkép ultraviola tartományában a sugárzás intenzitásának a mérése.
3. A színkép látható tartományában a sugárzás intenzításának mérése.
4. A színkép infravörös tartományában a sugárzás intenzításának mérése.

A sugárzási hő bevitelét a légkörbe már régóta kutatják. Az alapfolyamatok ismertek, a matematikai kidolgozása kielégítő, több adat bevitelével azonban ezeket még pontosabbá és gyorsan számíthatóvá kellene tenni.

Az intenzitás mérést a színkép ultraviola tartományában nagy mértékben akadályozza a molekulák többszörös szórása és visszaszóródása, valamint többszörös abszorpciója. A nagy számítógépek felhasználása és ezzel párhuzamosan a numerikus módszerek kifejlesztése a jelenlegi legfontosabb feladat ezen a területen.

Az ultraviola sugárzás mérési nehézségeivel ellentétben a látható fény szinte teljesen akadálytalanul hatol át az atmoszféra legfelső rétegein, azaz ebből a tartományból sem nagyfokú szórás, sem elnyelés nem következik be ezekben a magasságokban. Csak a troposzféra molekulái, a vízgőz és esőcseppek, kémiai szennyezőanyagok, nyomelemek, valamint a földfelszín van hatással erre a sugárzási tartományra.

Az infravörös spektrumra vonatkozó áteresztési modell tartalmazza az abszorpciós sávok hőmérsékleti függőségének, energiaszintjeinek és a sávszélességnek az adatait. Nagyfokú bizonytalanság van azonban a színkép szélén elhelyezkedő keskenyebb vonalak számának meghatározásában, valamint ezek hőmérsékleti függősége tekintetében. Fontos még az egyes nyomelemeknek az infravörös fényre vonatkozó érzékenysége, abszorbeáló, ill. emittáló aktivitása, a felhők hatása, ezek mennyisége, vastagsága, alap és csúcsmagassága stb. A modellben tehát időben és térben igen változó variánsok szerepelnek így igen nehéz a modell megalkotása.

Ide tartoznak még az ún. poláris sapka abszorpciójával kapcsolatos hatások. Ha a nagy energiájú protonok behatolnak az atmoszférába az ott talált nyomelemekkel katalitikus reakciókat képezve változást hoznak létre a légkör összetételében, pl. az ózon mennyiségében. A nagy energiájú részecskék a kémiai és maghasadási folyamatokra is hatással vannak. Meg kell említenünk még a kozmikus sugárzásokat, az északi fény jelenségét. Ebben a vonatkozásban jelenleg a 10 K Ev-nál nagyobb elektronoknak és az A K Ev-nál nagyobb protonoknak a mérése és vizsgálata fontos, amikor ezek a részecskék belépnek a 100 km alatti rétegekbe.

Befejezésül az egyes nemzetközi Bizottságok képviselőinek hozzászólásait közli a jelentés. Igen fontos a program szervezési és anyagi bázisának pontos kidolgozása. Többen közülük hasznos javaslatokat tettek erre vonatkozólag.

KRÓNIKA

A GARP HEGYHATÁSOKKAL FOGLALKOZÓ ALPROGRAMJÁNAK ELSŐ TERVEZŐ ÉRTEKEZLETE VELENCÉBEN

A GARP *Légáramlás hegyek fölött és hegyek körül* elnevezésű alprogramjának első tervező értekezletére 1977. október 24. és 28. között Velencében, a San Giorgio Maggiore szigetén levő Benedek-rendi kolostor ősi épületében került sor, amely ma a híres *Fondazione Giorgio Cini* (*Cini*-alapítvány) otthona.

Az alprogram megszületésének előzményei a GARP egyesített szervező bizottságának (JOC) 1974 novemberében Budapesten tartott X. ülésére, illetve az 1976 májusában a jugoszláviai Sveti Stefan-ban összeült konferenciára nyúlnak vissza. Ezeken az értekezleteken vetette föl több ország – köztük hazánk is –, hogy a domborzat áramlásmódosító hatásainak elemzése a globális légkörkutatás programjában is helyet kapjon. Ezekről az eseményekről, valamint a Sveti Stefanban javasolt alpi megfigyelési kísérlet programjáról az *Időjárás* korábbi számaiban (80. évf., 295–298. o. 367. o. 1976.), valamint a *Meteorológiai Tanulmányok* No. 17. kötetében részletesen beszámoltunk.

A témának a GARP-alprogramok sorába történő felvételéről a JOC Nairobi-ban tartott XII. ülése (1976 június) határozott, majd a soron következő XIII. ülés (Stockholm, 1977. április) pontosított néhány, az alprogrammal összefüggő elnevezést. A szervező bizottság tagjai úgy döntöttek, hogy megtartják az alprogram valóban meglehetősen hosszú nevét, de ahol ennek a használata bonyolult, a rövid *domborzati alprogram* (GARP *Mountain Subprogramme*) forma alkalmazása is megengedett. A korábbi dokumentumokban szereplő MOUNTEX rövidítést el kell hagyni: a domborzati alprogram keretében az első globális GARP-kísérlet (FGGE) után szervezendő *alpi kísérlet* neve *ALPEX (Alpine Experiment)*. A JOC-nek ugyanez az ülése tekintette át és hagyta jóvá a velencei első tervező konferencia előzetes programját is.

Az értekezletet 12 ország negyven meghívott szakértőjének, valamint a JOC és a WMO képviselőinek jelenlétében *Aksel Wiin-Nielsen prof.*, a JOC domborzati alprogramjának ügyeivel foglalkozó testület elnöke nyitotta meg, majd *Fondazione Cini* elnökének nevében *Stefano Rosso Mazzinghi*, az olasz nemzeti tudományos tanács és az olasz meteorológiai szolgálat nevében pedig *S. Palmieri prof.*, az olasz nemzeti GARP-bizottság elnöke üdvözölte a megjelenteket. Ezt követően az ülés egyhangúlag *A. Wiin-Nielsen* professzort választotta meg az értekezlet elnökéül.

A tervező értekezlet munkája részben plenáris üléseken, részben pedig az *elméleti és numerikus experimentációs kérdésekkel*, az *ALPEX megszervezésével*, valamint a *nemzetközi alpi adatbank létrehozásával* foglalkozó munkacsoportokon belül folyt. A következőkben az értekezlet legfontosabb, a jövőbeli tervezésekhez is útmutatást adó megállapításait foglaljuk össze.

A domborzat a légköri mozgásokat kétféle módon befolyásolja: *a) közvetlenül*, azáltal hogy horizontális és vertikális irányban eltéríti az azzal ütköző levegőt, s a felszín közelében fokozza az áramlásra ható ellenállást; *b) közvetett formában*, olymódon, hogy az érzékelhető és latens hő megemelt forrásaként hat. A *globális hatásokat* tekintve, a hegyvonalatok fölötti és a hegyvonulatok körüli áramlások planetáris hullámokat keltenek nem csak a troposzférában, hanem a sztratoszférában és a felső légkörben is. A *kisebb skálákon* a domborzat a többé-kevésbé összetett jelenségeknek egy egész sorát indukálja, amelyeknek alaposabb megismerése nélkül a Föld számos körzetében lehetetlen az időjárást megbízhatóan előrejelezni és az éghajlat jövőbeli alakulását megbecsülni. Mármost *a GARP domborzati alprogramjának általános célja* éppen az, hogy rendszeres kutatások megszervezésével megszerezze ezeket az ismereteket; e kutatások felhasználják az összes rendelkezésre álló módszereket, beleértve a meglevő légköri adatok analízisét is, s nagymértékben támaszkodnak azokra a megrendezésre kerülő speciális „terep" kísérletekre, amelyek végrehajtása a különböző analitikus, numerikus és laboratóriumi elemzésekre alapuló elméleti vizsgálatok során nélkülözhetetlennek bizonyulnak.

Annak ellenére, hogy a különböző skálájú folyamatok közötti intenzív kölcsönhatások következtében a problémáknak a nagyságrendi elhatárolásokon alapuló osztályozása mindig bizonyos fokig önkényes, a tervező konferencia hasznosnak vélte az alprogram keretében tanulmányozandó témák alábbi csoportosítását:

– *A kiterjedt hegymasszívumok hatása a globális cirkulációra.* Ismeretes, hogy a nagy hegyvonulatok fontos szerepet játszanak azoknak a

kvázi-stacionárius planetáris skálájú perturbációknak a kialakításában, amelyek az energia és az impulzus globális transzportjának nagy hányadát bonyolítják le. A hegyvonulatoknak a planetáris hullámokra kifejtett hatását a termikus kényszerek és a nem-lineáris hullám-kölcsönhatások következményeivel szimultán kell vizsgálni. Az alapvető probléma ebben a vonatkozásban az, hogy a hegymasszívumnak melyik „tömegjellemzője" (például magassága, vízszintes kiterjedése, érdessége) a leghatékonyabb a planetáris hullámok generálásában.

– *Hegyek hatása a szinoptikus és szub-szinoptikus skálájú áramlásra.* Mindmáig nincs egyértelműen elfogadott módszer arra vonatkozóan, hogy miként kell reprezentálni a hegyeket a szinoptikus skálájú jelenségekkel foglalkozó numerikus kísérletekben. A problémák az analízis, az inicializálás, az adat-asszimiláció és a numerikus modellezés fázisában egyaránt jelentkeznek. A hegyek fölötti és hegyek körüli légáramlás reálisabb numerikus szimulációját és előrejelzését biztosító módszerek kidolgozásához jobban kellene ismernünk a kapcsolódó folyamatok fizikáját, a szimulációs eljárások matematikai tulajdonságait, valamint a légáramlás tényleges képét. Ezek az összetevők természetesen kapcsolódnak egymáshoz, megismerésük pedig közelebb vezet az egyik legfontosabb orografikus jelenségnek, a *lee-oldali ciklogenezisnek* a megértéséhez, ami az alpi térségben az időjárás regionális alakulásának egyik döntő tényezője.

– *Kistérségű orografikus hatások.* A tagolt felszín egy egész sor kistérségű kölcsönhatás eredményeként képes ellenállást kifejteni a légmozgásra. Közöttük a legfontosabbak: a felszíni súrlódás, a határréteg szeparálódása, a blocking, a hidraulikus ugrások és a lee-hullámok. Az átlagos áramlásból az impulzus kivonódásának a mechanizmusa és intenzitása e folyamatok mindegyikénél más és más, következésképpen a domborzatnak a légáramlásra kifejtett hatása attól függ, hogy az adott helyzetben melyik hatás az uralkodó.

Az elkövetkező évek időszerű elméleti és operatív tervező munkája szempontjából meghatározó tényező, hogy a GARP domborzati alprogramja *első terepkísérletének* a színtere az Alpok térsége lesz. Ennek az *alpi kísérletnek* a *speciális tudományos célját* a tervező értekezlet a következőkben fogalmazta meg:

1) Az áramlási mező és a tömegmező jellemvonásainak meghatározása az Alpok vonulata fölött és ennek környezetében, beleértve a különböző szinoptikus feltételek mellett kialakuló luv-oldali hatásokat.

2) Azoknak a fizikai folyamatoknak, illetve mechanizmusoknak a tanulmányozása, amelyek az Alpok lee-oldalán ciklonok kialakulásához vezetnek, illetve a ciklonok további fejlődését meghatározzák.

3) A légkörből a felszín felé irányuló impulzus-átvitel, valamint a hegygerinc fölött és a lee-oldalon a gravitációs-tehetetlenségi hullámenergia disszipációjának a meghatározása.

4) Azoknak a paramétereknek a mérése, amelyek a Földközi-tenger térségében lebonyolódó érzékelhető és latens hőfluxus kiszámításához szükségesek, továbbá a hőfluxus szerepének tisztázása a lee-oldali ciklogenezis folyamatában.

5) Az Alpok hegyvonulata által módosított sugárzási mérleg elemzése.

6) Azoknak a fizikai folyamatoknak a tanulmányozása, amelyek az alpi térségben szélsőséges időjárási eseményekhez (árvíz, szélvihar, tengerár stb.) vezetnek.

Az értekezlet résztvevői pontosan specifikálták az ALPEX egyes célkitűzéseinek megvalósításához szükséges megfigyelési követelményeket, definiálták a megfigyelési követelményekhez nélkülözhetetlen kiegészítő és speciális megfigyelő rendszereket, valamint ezek megfigyelési programját, továbbá javaslatot tettek az ALPEX ún. *belső kísérleti tartományának* (a korábbi dokumentumokban a „kis szinoptikus skálák tartományának" nevezett területnek) dél felé két földrajzi szélességi fokkal történő kiterjesztésére. A konferenciának ezt a munkafázisát *Joachim P. Kuettner* vezette, aki a GARP számos nagyszabású regionális kísérletének az előkészítésében és irányításában szerzett már hasznos tapasztalatokat.

Végezetül a tervező értekezlet foglalkozott a *nemzetközi alpi adatbankkal* szemben állított követelményekkel, specifikálta az ALPEX *operációs központjának* kiválasztásánál mérvadó szempontokat, továbbá azokat a körülményeket, amelyeket az ALPEX *időpontjának* kijelölésénél figyelembe kell majd venni.

A különböző országok delegátusai által előterjesztett *előzetes nemzeti megajánlások* jogos reményt nyújtanak arra, hogy az FGGE-t követően megrendezésre kerülő alpi kísérlet eleget tesz majd a tudományos oldalról megfogalmazott elvárásoknak, és jelentős mértékben hozzájárul azoknak a légköri folyamatoknak az alaposabb megismeréséhez, amelyek gyakran és sokszor huzamos ideig befolyásolják az egész közép- és dél-európai térség időjárását. Ennek azonban előfeltétele az a további alapos előkészítő és szervező munka, amelyet a delegátusok hazájukban folytatnak. A személyes összehangolására azon a második GARP tervező értekezleten kerül sor, amelyet 1978 őszén Ausztria lát vendégül.

Götz G.

*

INTERKOZMOSZ KONZULTÁCIÓ MOSZKVÁBAN

A szocialista országok űrkutatási együttműködése keretében Moszkvában 1977. szeptember 25. – október 1. között az INTERKOZ-

MOSZ témában konzultációra került sor. A megbeszéléseken a bolgár, a magyar és a vendéglátó szovjet hidrometeorológiai, ill. meteorológiai szolgálat munkatársai vettek részt. A Magyar Meteorológiai Szolgálatot *Dévényi Dezső* tudományos munkatárs és *Kapovits Albertné* tudományos főmunkatárs képviselte.

A résztvevők tájékoztatták egymást a műholdképek alapján nyert információ felhasználásával végzett kutatások eredményeiről. Megvitatták a műholdképekből nyert mezo- és makrotérségű felhőzeti adatok (egyes szinoptikus objektumok felhőrendszere, illetve a nagytérségű felhőzeti mező) feldolgozásának módszertani kérdéseit és ismertették a soronkövetkező feladatokat.

A konzultációt a vendéglátó szovjet fél gazdag kulturális programmal egészítette ki.

Kapovitsné Róth R.

*

FELHŐMÓDOSÍTÓ REAGENSEK

A Meteorológiai Világszervezet irányítása alatt rövidesen sor kerül az első, nagy nemzetközi csapadéknövelési kísérletre (Precipitation Enthancement Project: PEP). A PEP előkészületeit nemzetközi testület irányítja, amely gyakorlatilag a CAS Időjárásmódosító Bizottságának tagjaiból áll. Ez a bizottság a kísérletek végzéséhez szükséges reagensek fizikai és kémiai tulajdonságainak kiválasztását szakértőkből álló munkacsoportra bízta.

Ez a munkacsoport 1977. október 10. és 15. között Szófiában ült össze *M. L. Corrin* professzor (USA, Colorado State University, Fort Collins) elnökletével. A megbeszélésekre e sorok íróját is meghívták. A résztvevők megvitatták a technikailag rendelkezésre álló reagenseket, környezetvédelmi hatásaikat, a kísérletek lehetséges stratégiáit, valamint a mesterséges jégképző magvak generálási módjait. Reagensként egyhangúlag az ezüst-jodidot ajánlották, amely a legismertebb és legszélesebb körben alkalmazott felhőmódosító anyag. Környezetvédelmi hatásai elhanyagolhatók (szemben pl. az ólom-jodiddal), részecskéi repülőgépeken is viszonylag könnyen generálhatók.

A munkacsoport tagjai a kísérletekhez (téli réteges felhők esetén amelyekkel a PEP foglalkozni fog) az ún. „penetrációs" stratégiát javasolták, amely a részecskék felhőben való (repülőgépes generátorokkal) létrehozását jelenti. Nukleálási hőmérsékletként a −5 °C-t ajánlották. Megállapították, hogy a generálásra az ezüst-jodid, ammónium-jodid, víz és aceton keveréke a legalkalmasabb. Végül megvitatták a generátorok kalibrálási módjait. Ez utóbbi kérdésben arra az álláspontra jutottak, hogy felhőkamrás laboratóriumi hitelesítésen kívül magában a felhőben végrehajtott kalibrálás is szükséges.

Mészáros E.

EURÓPAI HIDROLÓGIAI KONFERENCIA

Az UNESCO és a WMO közös rendezésében, az Európai Gazdasági Bizottság közreműködésével Brüsszelben 1977. szeptember 19 – 22 között került sor az európai hidrológiai kérdésekkel foglalkozó második konferenciára, amely az 1973 augusztusában Bernben megtartott hasonló rendezvény folytatása volt. A konferencián 25 európai ország és 7 nemzetközi szervezet 84 szakértője vett részt. Az Országos Meteorológiai Szolgálatot *Bodolai István* tudományos tanácsadó képviselte. Az ülésszak a Belga Királyi Meteorológiai Intézet Hidrológiai Osztályának vezetője. *Bultot* elnökletével zajlott le. *Cserkavszkij* (Szovjetunió) és *Berggren* (Svédország) alelnökök közreműködésével.

Az ülés napirendjén az UNESCO nemzetközi hidrológiai programjának és a WMO ehhez kapcsolódó operatív hidrológiai programjának teljesítéséről szóló beszámolók megvitatása, a vízgazdálkodási létesítmények és rendszerek tervezéséhez szükséges hidrológiai adatok cseréje, az európai vízmérleg elemek számításának korszerűsítése, az emberi tevékenység felszíni és talajvizekre gyakorolt hatásai, továbbá az európai regionális együttműködések eredményeinek megvitatása szerepelt.

A szakmai vita alapján a konferencia az alábbi kutatási témák koordinált művelésére fogadott el ajánlást:

- a csapadékadatok javítása és ezek alapján egyeztetett európai csapadéktérképek készítése;
- az előrejelzési modellek nemzetközi egyeztetése és közös fejlesztése, különösen a nemzetközi vízgyűjtőkön;
- a felszín alatti vízkészletek meghatározásának korszerűsítése és a talajvíz áramlást jellemző alaphozamok kontinentálisan egyeztetett térképezése;
- a vízmérleg és ezen belül elsősorban a légköri vízgőz cirkuláció egész Európára kiterjedő vizsgálata.

A regionális és nemzetközi együttműködés tárgysorozatának keretében jelentések hangzottak el a Duna Bizottságban, a Rajna medencéjében, a Balti-tenger térségében a skandináv országok és az európai szocialista országok között folyó nemzetközi hidrológiai együttműködésről.

A konferencia tovább erősítette az európai országok közötti szakmai együttműködést, bár egyes kérdésekben néhány nyugati ország ellenezte annak bővítését, egyebek között a légköri vízgőz cirkuláció európai méretű közös vizsgálatát. Ezt a vizsgálatot az UNESCO/WMO várnai, Európa vízmérlegével kapcsolatban összehívott értekezlete ajánlotta 1976-ban, majd a WMO európai régiójának budapesti ülésén két rapportőrt jelöltek ki, akik az RA – VI. 1978-ban Prágában tartandó ülésére tesznek a témában részletesebb javaslatot.

Másik fontos hidrometeorológiai feladat a nemzetközi vízgyűjtőkre kidolgozott csapadékelőrejelzési modellek fejlesztése és nemzetközi egyeztetése, beleértve a radar-mérések adatainak felhasználását.

Bodolai I.

⁂

M. AYADI LÁTOGATÁSA

Az Országos Meteorológiai Szolgálat elnökének meghívására 1977. október 18-án Budapestre érkezett *M. Ayadi*, a Tunéziai Meteorológiai Intézet igazgatója.

Magyarországi tartózkodása alatt először vidéki körúton vett részt, amelynek során meglátogatta a kecskeméti és szarvasi agrometeorológiai obszervatóriumot, a siófoki viharjelző obszervatóriumot, valamint a pécsi alkalmazott felhőfizikai főosztályt. Pécsett részletesen tanulmányozta a jégesőkárok elleni védekezés rendszerét, mivel ilyen kísérleteket Tunéziában is terveznek.

Ezt bizonyította a „Tunéziai jégesőklimatológia" c. előadása, amelyet október 21-én a KLFI-ben tartott népes hallgatóság előtt.

M. Ayadi az említetteken kívül látogatást tett még a Központi Előrejelző Intézetben, illetve a Légiforgalmi és Repülőtéri Igazgatóságon *Tomasovszki* Pál főosztályvezetőnél, majd 1977. október 23-án elutazott hazánkból.

Az OMSZ elnökével, illetve szakembereivel folytatott tárgyalásai világossá tették, hogy az együttműködés a két ország meteorológusai között számos területen lehetséges. A lehetőségek közül a jégelhárítás, a levegő háttérszennyeződésének mérése és az agrometeorológiai kutatások emelhetők ki.

Mészáros E.

⁂

A. MÄDE AZ MMT TISZTELETI TAGJA

A MMT ezévi közgyűlésén tiszteleti tagjává választotta *Alfred Mäde* professzort, az NDK Meteorológiai Társaságának elnökét. A MMT új tiszteleti tagja október 27-én ünnepi előadóülésen tartotta „Az agrometeorológia feladata és problémái" címmel székfoglaló előadását, melynek során először az agrometeorológia kapcsolatairól, az agrometeorológusok képzéséről fejtette ki nézeteit, majd számos gyakorlati példát mutatott be annak igazolására, hogy az agrometeorológiai információk milyen nagymértékben segítik a mezőgazdasági termelést. Különösen érdekes része volt az előadásnak az agrometeorológiai tanácsadással kapcsolatosan az NDK-ban szerzett sokoldalú tapasztalatok ismertetése.

A nagy figyelemmel hallgatott és fogadott előadás után *Béll Béla* akad. lev. tag, a MMT elnöke a megnyitóban elmondottakat – melyek között az új tiszteleti tag hozzánk fűződő értékes szakmai, megtisztelő baráti kapcsolatait méltatva, magas színvonalú irányító, oktató és kutató generációt nevelő munkásságát emelte ki – mintegy betetőzve, ünnepélyesen átadta *em. Dr. Dr. h. c. Alfred Mäde* professzornak a Magyar Meteorológiai Társaság tiszteleti tagságát tanúsító oklevelet.

Az ünnepelt megköszönve az elismerést, annak a reményének adott kifejezést, hogy a két Társaság a jövőben még szorosabban együtt működik az NDK-beli, valamint a magyarországi és az egyetemes meteorológiai kutatás ügyét szolgálva.

Bozó P.

⁂

TÁVKÖZLÉSI SZAKÉRTŐI ÉRTEKEZLET SZÓFIÁBAN

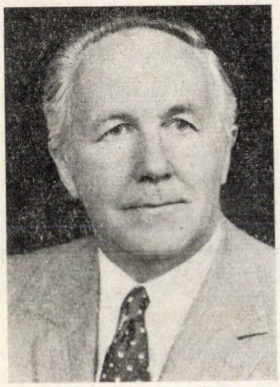
1977. október 17–22. között Szófiában ülésezett az RGMT-nek, a „Szocialista országok távközlési rendszerének automatizálása" témakörben létrehozott szakértői munkacsoportja.

A delegátusok találkozójára akkor került sor, mikor a moszkvai és a washingtoni világközpontot összekötő nagysebességű adatátviteli lánc Prága–Moszkva szegmensének kitérő áramkörein már javában folynak az 1200 bit/sec-os átviteli sebességű próbaüzemek. Várható, hogy 1978-ban a hagyományos 50 baudos géptávírókat, mind a Prága–Budapest–Bukarest–Szófia–Moszkva, mind a Prága–Potsdam–Varsó–Moszkva összeköttetésen felváltják a középsebességű átviteli rendszerek. Az átviteli sebesség növelésével az eddiginél nagyobb mennyiségű megfigyelési anyag és feldolgozott meteorológiai információ továbbítására nyílik lehetőség.

A középsebességű adatátvitel kézi szelekcióval történő irányítása már kis mennyiségű adatnál is az átviteli sebesség jelentős csökkenését eredményezi, a várhatóan egyre nagyobb volumenű adatforgalom kézi szelekcióval történő fenntartása pedig elképzelhetetlen. Ezért mind sürgetőbbé válik a távközlési számítógépek üzembe állítása, a meteorológiai távközlési központok munkájának automatizálása. A szolgálatok egymáshoz kapcsolódó számítógéprendszereinek egységes elveken történő fejlesztése, az illesztés feltételeinek kidolgozása, az automatizált központok munkájának összehangolása, jövendő távközlési rendszerünk kiépítésének legfontosabb feladata.

A szófiai ülés résztvevői a meteorológiai távközlésben alkalmazható adatátviteli berendezésekkel, a grafikus információk cseréjére és kódolására szolgáló készülékekkel, valamint a távközlési központok automatizálásához felhasználható számítógép rendszerekkel és az automatikus központok programozási irányelveivel foglalkoztak.

Kassai B.



BOŽIDAR KIRIGIN 1921—1977

A 8. Nemzetközi Kárpátmeteorológiai Konferenciára, Freibergbe (NDK) utazva 1977. augusztus 22-én Zwickau közelében halálos autóbaleset érte *Kirigin* professzort.

Bozidar Kirigin 1921. szeptember 4-én Zágrábban született. A zágrábi egyetem természettudományi karán matematikát hallgatott és ugyanott geofizikából doktorált. 1948-tól a zágrábi Meteorológiai Intézet dolgozója, ahol először állomásszervezéssel foglalkozott, mivel akkortájt igen gyér volt az állomáshálózat. Fáradságos munkával korszerű hálózatot hozott létre. 1956-tól haláláig a klíma-osztályt vezette. Klimatográfia volt a szűkebb szakterülete.

Kirigin részt vett a jugoszláv klímaatlasz szerkesztésében (négy hőmérséklet- és egy csapadéktérképpel.) Különleges kutatási területe a hegyek csapadék- és szélviszonyai voltak, de foglalkozott mérési módszerekkel is. 1953-ban Horvátország legmagasabban fekvő hegyi állomását (Zavizan 1594 m) szervezete meg. A hegyi állomások szervezése és ellenőrzése nem jelentett nehézséget, mert kiváló turistaként és síelőként ismerték. Külföldön is elismert szaktekintély volt, több ízben képviselte hazáját nemzetközi kongresszusokon, valamint az Alpi- és Kárpátmeteorológiai konferenciákon. Éghajlati szakvéleményei alapján tervezték Horvátország út- és elektromostávvezeték-hálózatát. Tagja volt a CIGRA-nak. Szerkesztette a Horvát Hidrometeorológiai Szolgálat kéthavonta megjelenő — egyetlen jugoszláv — szaklapját a VIJESTI-t. Érdeme, hogy e folyóirat — eddig több mint 26 éve — rendszeresen megjelenik. Számos dolgozatot és cikket írt különböző hazai és külföldi tudományos folyóiratba. Utolsó dolgozatát a freibergi konferencián már nem olvashatta fel személyesen. Halálával pótolhatatlan veszteség érte a Jugoszláv Meteorológiai Szolgálatot.

Zách A.

NUMERIKUS MODELLEZŐ SZAKÉRTŐI ÜLÉS PRÁGÁBAN

A meteorológiai elemek objektív analizise és rövidtávú számszerű előrejelzési módszereinek kidolgozása a szubszinoptikus skálán című RGKNIR-téma 1977. október 17. és 21. között Prágában megtartott témaülésén a résztvevő országok képviselői részletesen megtárgyalták a meteorológiai adatok előzetes feldolgozásában, három- és négydimenziós analízisében, valamint az időjárási folyamatok numerikus modellezésében és előrejelzésében az 1975. évi budapesti értekezlet óta elért eredményeket. A beszámolókat követő viták során megállapítást nyertek az alábbiak:

1) A szocialista országokban operatív célokra használt numerikus előrejelzési modellek-nél alkalmazott rácstávolság 150 km-nél nem kisebb. Kvázigeosztrofikus modellek alkalmazása esetén nincs fizikai alapja a rácstávolság további csökkentésének.

2) A műholdas információk előnyösen alkalmazhatók a meteorológiai mezők objektív analízisekor és kívánatos a számszerűsített műholdas adatok közének további bővítése.

3) A meteorológiai megfigyelések archivációs rendszerének kidolgozása a 11. sz. RGKNIR téma hatáskörébe tartozik, ezért a mezoskálájú numerikus prognosztika archivációs igényeit kidolgozásuk után ezen téma koordinátorához kell eljuttatni.

Az ajánlásokat illetően az az egységes álláspont alakult ki, hogy az 1975. évi budapesti ülés ajánlásai nem teljesültek. Az ülés viszont négy ajánlást dolgozott ki, nevezetesen *a)* a szakértők valutamentes alapon történő cseréjére, *b)* a moszkvai Világközpont numerikus analíziseinek és előrejelzéseinek GRID kódban történő továbbítására, *c)* a numerikus prognosztikai tevékenység technikai bázisának biztosítására, valamint *d)* a szocialista országok numerikus modellezési és prognosztikai tevékenységére vonatkozó információk cseréjét szabályozó ajánlást.

Az értekezlet résztvevőit fogadta *V. Richter*, a Csehszlovák Hidrometeorológiai Intézet igazgatója, aki üdvözlő beszédében kiemelte az adott téma népgazdasági jelentőségét. Az igazgatói fogadást követően sor került a prágai meteorológiai intézet néhány részlegének megtekintésére.

Az együttműködés keretében a magyar küldött rendelkezésére bocsátották a prágai meteorológiai intézetben összegyűjtött domborzati adatokat. Az adatok egy 131×154 pontból álló rács rácspontjaiban adottak dekaméterekben. A rácstávolság 10 km. A tartomány felöleli Közép-Európa numerikus prognosztikai szempontból legjelentősebb területeit.

Az 1979-ben esedékes következő értekezletre *V. I. Zahariev*, a bolgár küldöttség vezetője hívta meg a résztvevőket.

Dévényi D.

A LÉGSZENNYEZŐDÉS TÉMAKÖRE AZ OKTATÁSBAN

A jelenlegi meteorológus-képzés egyik fontos kérdése a környezetvédelemmel kapcsolatos témák bevezetése az oktatásba. A megoldás elősegítése céljából a Meteorológiai Világszervezet nemzetközi konferenciát hívott össze. A konferencia 1977. január 31. és február 11. között a Research Triangle Park-kutatóközpontban. (É.Carolina, USA) ülésezett.

Ennek első részében a meghívott szakemberek a légszennyeződés problémakörében összefoglaló előadásokat tartottak, majd javaslatot tettek az általuk előadott téma oktatási módjaira. Az előadásokra a következő szekciókban került sor:

1) Levegőkémia, 2) a légszennyeződés és mérése, 3) levegőminőség, a légszennyeződés hatása az emberi tevékenységre, 4) a légszennyező anyagok transzportja és diszperziója, 5) a légszennyeződés előrejelzése.

E sorok írója a konferencia első részén vett részt. Előadását a 2. szekcióban „Egy speciális légszennyeződés: a légköri aeroszol" címmel tartotta meg.

A konferencia második felében egy szűkebb munkacsoport, elsősorban az előadások és javaslatok alapján, konkrét ajánlásokat dolgozott ki.

A konferencia ideje alatt a résztvevők megtekintették az Egyesült Államok Környezetvédelmi Hivatalának (Environmental Protection Agency) kutatólaboratóriumait, köztük az áramlást modellező részleget, amely a légszennyeződés terjedésének laboratóriumi szimulálásával foglalkozik.

Mészáros E.

*

LÉGSZENNYEZŐDÉSI SZAKÉRTŐI ÜLÉS ZAKOPÁNÉBAN

A VI. (XIV.) Igazgatói Konferencia (1976 Várna) határozatának megfelelően a szocialista országok légszennyeződés meteorológiai munkacsoportja V. ülését 1977. szeptember 22–28. között tartotta Zakopánéban. Az ülésen a bolgár, magyar, lengyel, német-demokratikus, román, szlovák és szovjet meteorológiai, ill. hidrometeorológiai szolgálatok küldöttei vettek részt. Az ülés elnöki tisztét az RGMAZA elnöke *M. E. Berljand* prof. és *Budzinszki, K.* a Légkörfizikai Osztály (Varsó) vezetője közösen látta el.

A napirendre tűzött és megvitatásra került főbb témák a következők voltak: 1. A IV. Ülés (1975) óta végzett kutatások ismertetése. 2. A IV. Ülés ajánlásainak végrehajtása. 3. A RGKNIR–4 téma (Tudományos Kutatásokat Koordináló Munkacsoport keretében „A légszennyeződés elleni védekezés és az ellenőrzés módszerei különböző éghajlati övezetekben") 1977–1980 közötti kutatási tervének kidolgozása. 4. Az RGMAZA 1977–1980 közötti munkatervének összeállítása. 5. Ajánlások készítése a soron következő Igazgatói Konferenciára.

A magyar szolgálat küldötte ismertette a beszámolási időszakban elért kutatási eredményeket, amelyek az alábbi témák közé csoportosultak: a városi légszennyeződés meteorológiai modellezése egyenlőtlen domborzati viszonyok között, a légköri diffúzió paramétereinek tanulmányozása, diffúzió-klimatológiai paraméterek vizsgálata, különböző léptékű meteorológiai folyamatok modellezése, légköri kémiai reakciók és a Magyarország feletti kénkörforgalom vizsgálata. Szolgálatunk kutatási eredményeit, s hasonlóképpen operatív tevékenységünket a regionális háttér szennyezettségi méréseket illetően az RGMAZA elnöke elismeréssel nyugtázta. Osztatlan érdeklődést keltett beszámolónk a dubrovniki „Kén a légkörben" szimpozíumon végzett tevékenységünkről is.

Az 1977–1980 közötti időszakban az RGMAZA számos feladat megoldását várja szolgálatunktól. A tervek 15 különböző kutatási téma és 11 ajánlás megoldásában való részvételünket tartalmazzák. Az Igazgatói Konferenciához felterjesztett ajánlások között szerepel, hogy a VI. RGMAZA ülést 1979-ben szolgálatunk rendezze meg.

A Lengyel Meteorológiai és Vízgazdálkodási Intézet az ülés megtartását példás rendezéssel segítette elő. Az ülésszak egyik napján a lengyel kollegák tudományos szeminárium keretében ismertették a lengyel légszennyezettségmeteorológiai kutatások mai helyzetét, és beszámoltak legújabb kutatási eredményeikről. Sor került arra is, hogy a résztvevők megtekinthessék a Zakopánéban működő obszervatórium talajközeli és magaslati állomását, ez utóbbit a 2190 m magasságú Kasprowy Wierchen.

Popovics M.

*

SZAKÉRTŐI ÉRTEKEZLET BRATISLAVÁBAN

„A légszennyeződés elleni védekezés és az ellenőrzés módszerei különböző éghajlati övezetekben" c. RGKNIR-téma szakértői értekezletét 1977. október 11. és 14. között Bratislavában tartották meg. Az értekezleten bolgár, cseh, lengyel, magyar, NDK, román és szovjet szakértők vettek részt. Megfigyelőként Jugoszlávia is jelen volt. A magyar meteorológiai szolgálatot *Feketéné Nárai Katalin*, a Központi Légkörfizikai Intézet tudományos munkatársa képviselte.

Az értekezletet *D. Zavodszki*, a bratislavai Hidrometeorológiai Intézet főosztályvezetője vezette. A résztvevő országok a következő ku-

tatási témákban ismertették és vitatták meg az 1975–77. években végzett kutatások fő eredményeit:

1. Megfigyelési módszerek tökéletesítése, az automatizált ellenőrzési rendszer alapjainak és a légszennyeződéssel kapcsolatos információknak a kidolgozása. 2. Városok és ipari centrumok komplex légszennyeződés kutatási elveinek kidolgozása különböző időjárási viszonyok esetén a domborzat és a városi beépítettség hatásának figyelembe vételével. 3. Légköri diffúzió modellezési módszerének kidolgozása ipari üzemek és lakóházak optimális elhelyezése céljából. 4. Légszennyező anyagok szóródási feltételeit befolyásoló meteorológiai és éghajlati tényezők vizsgálata. 5. Rövid időtartamú légszennyeződés előrejelzés módszereinek tökéletesítése és új módszerek kidolgozása, figyelembevéve a kibocsátások szabályozási lehetőségeit.

6. Légköri radioaktivitás vizsgálata. 7. Természetes és mesterséges forrásokból származó különböző légszennyező anyagok szerepének értékelése a makroméretű szennyeződésben.

Megállapították, hogy a tëma kidolgozása a tervnek megfelelően történik, és 1975–77-ben sok fontos eredménye született.

Az ülések között fentmaradó időben a vendéglátók intézetlátogatást és kirándulást szerveztek. Az ülés kifogástalan lebonyolításáért köszönet illeti a csehszlovák meteorológusokat.

Feketéné Nárai K.

AZ ŰRKUTATÁSI KONGRESSZUS PRÁGÁBAN

Több mint ezer résztvevővel 1977. szeptember 25. és október 1. között rendezték meg Prágában az IAF (International Astronautical Federation) XXVIII. Kongresszusát.

A legkülönbözőbb űrkutatással kapcsolatos témákról 49 ülésen folytak az előadások. Meteorológusok részéről négy előadás sorozat tarthatott nagyobb érdeklődésre számot. Három ezek közül a Föld mesterséges holdakról való megfigyelésével foglalkozott. (Earth Observations I., II., III.) a negyedik ülés pedig a hosszú időtartamú klímaváltozások kérdéseit tárgyalta. (1-st International Symposium on Space Observations of Long-Term Climatic Changes). E sorok írójának „*Simple Method for Determining of Atmospheric Ozone Using Infrared Satellite Measurements in 9.6 um Band*" c. előadására az Earth Observations III. ülésén került sor.

A résztvevőket a „Hotel International"-ban helyezték el, melyben a Kongresszus idejére átalakított előadótermekben az üléseket is tartották. Az igen jól szervezett Kongresszus időtartama alatt a résztvevőknek kirándulással és hangversenylátogatással tették kellemesebbé a prágai tartózkodásukat.

Miskolci F.

300 ÉVE SZÜLETETT AZ ELSŐ HAZAI MŰSZERES METEOROLÓGIAI MEGFIGYELÉSEK SZERVEZŐJE

Gensel János Ádám, aki 1710-ben Sopronban megszervezte és kezdetben személyesen végezte a meteorológiai megfigyeléseket, bizonyságot téve arról, hogy az akkori idők szokásainak megfelelően szinte tudatosan polihisztorrá képezve magát, a meteorológia ismeretanyagát is úgy elsajátította, hogy pontos, jó meteorológiai adatokat gyűjtött és jegyzett fel. Adatai ma is használhatók, a mai műszerek adataival összevethetők. Kár, hogy előbb sokirányú elfoglaltsága, később betegsége megakadályozta a megfigyelések személyes végzésében, a nyert adatok feldolgozásában.

Szülővárosa is Sopron volt, ott látta meg a napvilágot 1677. október 26-án. Éleseszű, lankadatlan szorgalmú diák volt, aki igen fiatalon, 18 évesen a jénai egyetemen teológiát, majd orvostudományt hallgatott. Tanulmányait befejezve, több olaszországi egyetemen bővítette tudását s 1703-ban Páduában bölcsész- és orvosdoktor lett. Hazatért s előbb Vasvárott gyakorló orvosként, majd 1709-ben Sopronban városi orvosként, 1710-től Vas és Sopron megye főorvosaként dolgozott. Nem kevés hivatali teendője mellett (Esterházy herceg udvari orvosa is volt), a természettudományoknak szinte minden ágát művelte, sok cikke jelent meg, többnyire német nyelven. Fiatalon halt meg szülővárosában 1720. augusztus 20-án.

Nem nehéz fölfedezni a kapcsolatot *Gensel* közéleti tevékenységének és a vele együttjáró felelősségnek jelentős megnövekedése és a soproni meteorológiai megfigyelések általa történt megindítása között: mindkettő 1710-ben következett be. Ez az egybeesés igazolja, hogy ő volt az első hazai művelője az alkalmazott meteorológiának is. Közegészségügyi feladatainak jobb ellátásához óhajtotta a rendszeresen gyűjtött adatokat felhasználni. Korai halála megakadályozta tervei valóraváltásában, újabb tervek kidolgozásában. Rövid, de teljesértékű életműve kötelez bennünket arra, hogy a Sopronban ma működő meteorológiai állomás műemlék-épületén arcmását megörökítő domborművet mielőbb a megvalósuláshoz segítsük.

Kéri M.

A TERMIK METEOROLÓGIÁJA

A Magyar Meteorológiai Társaság Repülésmeteorológiai Szakosztályában október 20-án *Szalma János* tudományos osztályvezető tartott előadást *A termik Kárpát-medencei természetéről és az előrejelzésére tett kísérletekről* címmel. A nemrégiben újjászervezett szakosztály tagjai és vendégei érdeklődéssel és figyelemmel kísérték a kisgépes, sport- és vitorlázórepülés legtapasztaltabb hazai meteorológus szakértőjét, aki éppen tapasztalataira építve, a ter-

mikek reálisnak mutatkozó, mind a repülés, mind a terepviszonyok ismerői számára elfogadható osztályozását mutatta be. Elmondta, hogy ennek az osztályozásnak a segítségével (de más, korszerű távközlési és egyéb módszereket, eszközöket is alkalmazva) nagyon eredményes támogatást nyújtottak az idén nyáron Baranya megyében megrendezett nemzetközi vitorlázó repülő versenyen. Előadása befejezéseként azt a meggyőződését hangoztatta, hogy a már rendelkezésre álló megfigyelési adatok és tapasztalatok elegendőnek látszanak a vitorlázó repülést lehetővé tevő legjelentősebb légköri képződményeknek: a termikeknek kellő pontosságú előrejelzéséhez, a termikmeteorológia elméleti megalapozásához.

A vitorlázó repülés néhány bravúros teljesítményét bemutató színes diaképpel bevezetett előadást *Rábai Attila*, *Szakács Györgyné* és az ülést vezető szakosztály-elnök: *Vissy Károly* hozzászolása tette teljessé.

Kéri M.

✳

RÓNA ZSIGMOND IFJÚSÁGI KÖR A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁGBAN

1977. október 6-án az MTESZ Anker közi székházában újjá alakult a Róna Zsigmond Ifjúsági Kör. E körrel – mint azt *Béll Béla* az MMT elnöke megnyitó beszédében kiemelte – elsősorban az egyetemistáknak és a fiatal, pályakezdő meteorológusoknak kívánt a Társaság fórumot teremteni. A körben egyébként a szakmai és módszertani előadások mellett számos lehetőség kínálkozik a fiatal szakemberek közötti kapcsolat elmélyítésére, a Meteorológiai Szolgálat tevékenységének alapos megismerésére. A megnyitó után az Országos Diákköri Konferencián az MMT és az OMSZ különdíjával kitüntetett előadások hangzottak el. Elsőként *Fekete László* tud. segédmunkatárs ismertette pályaművét „Csapadékos és csapadék nélküli szakaszok statisztikai sajátosságai az Alföldön" címmel, majd *Nagy Zsuzsa* tud. segédmunkatárs előadása következett, amelynek címe „A geopotenciál mező objektív analízise" volt.

Béll B. meleg szavak kíséretében nyújtotta át az MMT pályadíjait az előadóknak, majd a jelenlevők egyhangúan kimondták a Róna Zsigmond Ifjúsági Kör megalakulását. Megválasztották a Kör vezetőségét is: elnök *Mersich Iván*, az MTA ösztöndíjas aspiránsa, titkár *Haszpra László* IV. éves meteorológus hallgató. A vezetőséget megbízták, hogy dolgozza ki a Kör részletes programját s azt jóváhagyás végett az Ifjúsági Körnek, ill. a Választmánynak terjessze elő.

Zárszavában *Béll Béla* sok sikert kívánt a kör működéséhez és egyben azt is megígérte, hogy a Meteorológiai Társaság továbbra is minden lehetséges módon támogatja a kör tevékenységét.

Bozó P.

✳

AZ MMT AGROMETEOROLÓGIAI SZAKOSZTÁLYÁNAK ÜLÉSE KECSKEMÉTEN

A Magyar Meteorológiai Társaság és a Szőlészeti és Borászati Kutató Intézet közös rendezésében Kecskemét – Katonatelepen került sor az Agrometeorológiai Szakosztály szeptemberi ülésére. *Füri József* (Szőlészeti és Borászati Kutató Intézet) és *Kozma Ferenc* (KLFI) „A szőlő öntözése és vízháztartása" címen tartott előadása az 1963 óta folyó megfigyelések és kutatások eredményeit ismertette.

Megállapításaik szerint a különböző szőlőkultúrák vízigénye a vegetációs időszak egyes szakaszaiban más és más. Az öntözés gazdaságossága nem kis mértékben függ attól, hogy a megfelelő mennyiségű vizet a megfelelő időpontban juttassák ki az állományba. A szükségesnél kevesebb vízzel nem érhető el a kívánt eredmény a termés mennyiségében, több víz viszont a minőség rovására mehet, és emellett költségesebb is.

Az evapotranspirációs kísérletek azt bizonyítják, hogy a rügyfakadás – virágzás, valamint a szüret – lombhullás fázisában a szőlő átlagos transpirációs vízhiánya igen kicsi, ám a virágzás – zsendülés és a zsendülés – szüret időszakában számottevő. Érdekes megjegyezni, hogy a tényleges transpiráció átlagos értéke éppen akkor a legkisebb, amikor a szőlő vízigénye a legnagyobb (július – augusztus).

Figyelembe véve a különböző öntözési módokat (barázdás, esőztető, csepegtető és altalaj öntözés) azt találták, hogy a csepegtető öntözés a leggazdaságosabb (a fürt-termés ekkor a legkedvezőbb), és ezért ezzel az öntözési móddal a legcélszerűbb a talaj nedvességi szintjét a diszponibilis víz 75%-án tartani.

Az egyes szőlőfajták vízigénye közötti különbség – a vizsgálatok szerint – nemcsak a lombozat eltérő méretéből adódott, hanem az egyes fajták biológiai sajátossága is közrejátszott. A különböző fajták vízhiánya 100 – 160 mm között ingadozik.

Az előadást követő hozzászólások a téma fontosságát méltatták. *Kozma Ferencné* és *Pletser János* felhívták a figyelmet a tápanyag és a vízfelhasználás közötti összefüggésvizsgálatok fontosságára. A jövőben majd ebben az irányban is folynak a kutatások. *Katona József* a Szőlészeti és Borászati Kutató Intézet főigazgatója meleg szavakkal méltatta a két intézmény együttműködését és az elért eredményeket. Befejezésül *Bondor Józsefné* az MSZMP Budapest XVIII. kerületi alapszerve

nevében üdvözölte a tanácskozás résztvevőit.

Az ülést a terepmérések színhelyének, a mérőműszereknek és berendezéseknek a megtekintése követte, és végezetül a vendégek a szőlő- és borkóstolóval egybekötött hangulatos ebéden vehettek részt.

N. Dávid A.

✳

AZ MMT VÁLASZTMÁNYI ÜLÉSE

A Magyar Meteorológiai Társaság Választmánya 1977. október 13-án ülést tartott. *Szakály* József főtitkár beszámolt a pécsi vándorgyűlésről, amelyet immár ötödik alkalommal, a Szlovák Meteorológiai Társasággal közösen rendeztek. A beszámolót *Béll* Béla és *Kéri* Menyhért egészítette ki, megköszönve a vándorgyűlés előkészítésében résztvevők fáradozását, külön is kiemelve *Szakály* József főtitkár érdemeit. Ezután a Választmány által már korábban felkért tagdíj-bizottság elnöke, *Zách* Alfréd tett javaslatot a tagdíjak új összegére, illetve a tagdíjfizetés és ellenőrzés rendszerére. A vitában résztvevők hangsúlyozták, hogy a Társaságnak egyeztetnie kell a díjfizetés rendszerét a többi MTESZ-tagegyesülettel. Elhatározta a Választmány, hogy felkéri a MTESZ elnökségét, vizsgálja meg a többi egyesületben tevékenykedő tagok esetében a díjfizetési kedvezmény lehetőségét is.

Az 1977. évi nívó-díjjal kapcsolatban a Választmány kimondta, hogy azt a meteorológiai oktatás, közműveltség, ismeretterjesztés és népszerűsítés témakörében megjelent kiváló munkának lehet odaítélni, s ennek elbírálására *Dobosi Z.* elnökletével öttagú bizottságot küldött ki. Ugyancsak kimondta a Választmány, hogy az ifjúsági díjjal a Diákköri Tudományos Napok, ill. az Ifjúsági Körben elhangzott legjobb előadást kell díjazni.

Tudomásul vette a Választmány a *Műszerek és megfigyelési módszerek* címmel Hamburgban rendezett nemzetközi konferencián szerzett tapasztalatairól *Mezősi* Miklós beszámolóját, majd *Dévényi* D. jelentését hallgatta meg a VIII. Nemzetközi Kárpátmeteorológiai konferenciáról. Ezzel kapcsolatban megvitatta a következő Kárpátmeteorológiai konferencia esetleges magyarországi megrendezésének kérdését is.

A folyó ügyek keretében Szakály J. ismertette a Karszt- és Barlangkutató Társaság felkérését, hogy a Meteorológiai Társaság működjék közre az 1978. évi Nemzetközi Karszthidrogeológiai szimpozium rendezésében, majd Béll B. adott tájékoztatást a meteorológiai közművelődési tanfolyam előkészítéséről, valamint a Róna Zsigmond Ifjúsági Kör megalakulásáról.

Végül a Választmány *Csordás* Éva, *Hódi* Imre, *Kemény* Katalin, *Kováts* Katalin, *Pataki* Anna, *Szultos* Erzsébet, *Vodinák* Györgyi, *Endrédi* Ferenc Csanád, *Novák* János, *Kádár* Ferenc, *Solymosi* János, *Várhegyi* Istvánné, *László* Nándor, *Timon* Ildikó, *Zimmermann* István és *Tölgyesi* István kérésének eleget téve, fölvette őket a Társaság tagjainak sorába, illetve Tölgyesi István tagságát 1963-tól kezdődő jogfolytonossággal elismerte.

Bozó P.

✳

A METEOROLÓGIAI TUDOMÁNYOS BIZOTTSÁG GARP-ALBIZOTTSÁGÁNAK ÜLÉSE

Az MTA Meteorológiai Tudományos Bizottságának GARP-Albizottsága 1977. október 10-én ülést tartott. Megnyitójában *Götz Gusztáv*, az Albizottság elnöke megemlékezett arról, hogy tíz esztendővel ezelőtt ezen a napon írták alá Rómában a WMO és az ICSU közötti egyezményt a *Globális Légkörkutatási Program* létrehozásáról, s körvonalazták azokat az alapelveket, amelyek nyomán megindulhatott a légköri folyamatok jobb megismerését szolgáló széles körű nemzetközi együttműködés.

Ezután az Albizottság elnöke ismertette az utolsó ülés óta eltelt öt hónap fontosabb nemzetközi és hazai eseményeit. Beszámolt az ICSU budapesti értekezletére 1977 szeptemberében hazánkba érkezett GARP-vezetőkkel folytatott megbeszélésekről, valamint arról, hogy az ICSU-nak ezen az ülésén fontos meteorológiai kérdések is szóba kerültek.

Az Albizottság — a Meteorológiai Tudományos Bizottság 1977. szeptember 28-i ülésén elfogadott ajánlásának alapján — tervbe vette, hogy az ún. *második GARP-célkitűzés* (az általános cirkuláció tanulmányozása és modellezése az éghajlat fizikai alapjainak jobb megértése érdekében) és az ezzel összefüggésben 1980-ban kezdődő *GARP klímadinamikai dekád* terveinek figyelembevételével kidolgozza a lehetséges magyar közreműködés elveit.

Az Albizottság tagjai meghallgatták *Simon Antal* beszámolóját a *Monsoon-77* kísérletben részt vett magyar meteorológusok munkájáról. Ennek a kísérletnek az elsődleges célja a monszun fejlődési mechanizmusának alaposabb megértése volt. A nemzetközi — elsősorban szovjet és indiai közreműködéssel lebonyolított — expedíció fontos előkészítő szakasza volt annak a fő *monszun-kísérletnek* (MONEX), amelyre az *első globális GARP-kísérlet* (FGGE) folyamán 1979-ben kerül sor.

Végül az Albizottság részletesen foglalkozott a GARP rendszeresebb hazai népszerűsítésének kérdéseivel, és ezzel kapcsolatban számba vette azt a propaganda tevékenységet, amely már a közeli jövőben megvalósítható.

Faragó T

A KÖZELMÚLTBAN MEGJELENT METEOROLÓGIAI SZAKKÖNYVEK

1. A METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT HIVATALOS KIADVÁNYAI:

XL. kötet: **A Balaton éghajlata — A Balaton térségének éghajlati jellegzetességei, hő- és vízháztartása, bioklímája** (Szerk.: BÉLL BÉLA és TAKÁCS LAJOS). Budapest, 1974. 316 B/5 lap. Ára vászonkötésben: 150,— Ft.

XLI. kötet: **A meteorológiai mezők statisztikai szerkezete** (Szerk.: CZELNAI, R., L. S. GANDIN, W. I. ZACHARIEW). Orosz és német nyelven. Budapest, 1976. 364 A/4 lap. Ára fűzve: 80,— Ft.

XLII. kötet: HAJÓSY FERENC, KAKAS JÓZSEF, KÉRI MENYHÉRT: **A csapadék havi és évi összegei Magyarországon a mérések kezdetétől 1970-ig.** Magyar és német nyelven. Budapest, 1975. 356 A/4 lap. Ára fűzve: 520,— Ft.

2. A METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT KISEBB KIADVÁNYAI:

42. szám: KOFLANOVITS ERIKA: **A csapadékmennyiség változékonyságának elemzése Közép-Európában** (Magyar és angol nyelven). Budapest, 1977. 72 B/5 oldal. Ára fűzve: 25, — Ft.

43. szám: N. DÁVID ARANKA: **Sugárzásháztartás a Fertő tavon** (Magyar és német nyelven). Budapest, 1977. 54 B/5 oldal. Ára fűzve: 25,— Ft.

*

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

MEGJELENT

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

A NAPSUGÁRZÁS MAGYARORSZÁGON 1958—1972

Szerkesztette: Dr. Major György

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

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

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

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

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

77.3227 Athenaeum Nyomda, Budapest — Íves magasnyomás
Felelős vezető: Soproni Béla vezérigazgató

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

INDEX: 26 361

HU ISSN 0324—6329

IDŐJÁRÁS

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT HIVATALOS LAPJA

TARTALOM

Dési Frigyes 57

Horváth L.–Mészáros E.: A kén-dioxid-szulfát átalakulás kinetikai paramétereinek meghatározása légköri mérések alapján (angol nyelven) 58

Mäde, A.: Az agrometeorológia feladatai és problémái 63

Antal E.: Az éghajlati erőforrás és mezőgazdasági jelentősége 78

Endrődi G.: A burgonya optimális evapotranspirációja és csapadékellátottsága Magyarországon 89

Miskolci F.: A teljes ózontartalom meghatározása műholdas mérésekből ... 97

Szabó É.: Hűtőtornyok hatása a levegőkörnyezetre 103

Irodalom 111

Krónika 113

CONTENTS

Frigyes Dési 57

Horváth, L.–Mészáros, E.: Determination of the kinetic parameters of sulfur dioxide–sulfate conversion on the basis of atmospheric measurements (English text) 58

Mäde, A.: Tasks and problems of agricultural meteorology 63

Antal, E.: The climatic potential and its role in agriculture 78

Endrődi, G.: The optimal evapotranspiration and water supply of potatoes in Hungary 89

Miskolci, F.: Determination of the total ozone content by measurements on artifical satellites 97

Szabó, É.: Effects of cooling towers on atmospheric environment 103

Literature 111

Chronicle 113

82. ÉVF. ★ 2. SZÁM ★ 1978. MÁRCIUS—ÁPRILIS

IDŐJÁRÁS

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

SZERKESZTŐ BIZOTTSÁG – EDITORIAL BOARD:

AMBRÓZY P. (Budapest)
ANTAL E. (Budapest)
BAUR, F. (Bad Homburg)
BESSEMOULIN, M. J. (Paris)
BOSSOLASCO, M. (Genova)
BÖHME, W. (Potsdam)
BUDYKO, M. I. (Leningrad)
ČADEŽ, M. (Beograd)
DAVITAJA, F. F. (Tbiliszi)
DONEAUD, A. (Bucuresti)
GÖTZ G. (Budapest)
GULYÁS O. (Budapest)
KONČEK, M. (Bratislava)
LOGVINOV, K. (Kijev)
MÄDE, A. (Halle/Saale)
MÉSZÁROS E. (Budapest)
VAN MIEGHEM, J. (Bruxelles)
NGUYEN-XIEN (Hanoi)
OKOLOWICZ, W. (Warszawa)
PASZINSKY, J. (Warszawa)
PÉCZELY GY. (Szeged)
RADINOVIĆ, D. (Beograd)
RÁKÓCZI F. (Budapest)
ŠAMAJ, F. (Bratislava)
STEINHAUSER, F. (Wien)
STELCZER K. (Budapest)
SZEPESI D. (Budapest)
TAKEUCHI, K. (Tokio)
TUVDENDORZS, D. (Ulan-Bator)
VARGA-HASZONITS Z. (Budapest)
VITEK, V. (Praha)
WHITE, R. M. (Rockville)

ELNÖK – CHAIRMAN OF THE EDITORIAL BOARD:
BODOLAI I. (Budapest)

SZERKESZTŐ – EDITOR: LŐRINCZ ANNA (Budapest)

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

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata, 82. évf. 2. szám. 1978. március – április
Journal of the Meteorological Service Vol. 82, No 2. March – April. 1978 Budapest

Az Időjárás szerkesztő bizottsága mély megilletődéssel közli, hogy volt elnöke, s folyóiratunknak két és fél évtizeden át felelős szerkesztője

DÉSI FRIGYES

a műszaki tudományok doktora, az Országos Meteorológiai Szolgálat nyugalmazott elnöke, a meteorológiának az Eötvös Loránd Tudományegyetemen volt tanszékvezető tanára, életének 66. évében 1978. március 26-án, hosszú betegeskedés után elhunyt.

Mindössze négy esztendeje, hogy távozott a Szolgálat éléről. Nincs helye a gyász első óráiban annak, hogy méltassuk a hazai meteorológiai tudomány fejlődése s nemzetközi kapcsolatainak kiszélesítése előtt is új távlatokat nyitó szervezői ténykedését. Személyiségének, emberségének, kiemelkedően eredményes szakmai működésének méltatása úgyis egyoldalú lenne, ha elválasztanánk közéleti ténykedésének értékelésétől; hiszen politikai tisztánlátásával, mint két cikluson át országgyűlési képviselő, vagy az Elnöki Tanács tagja, s az 1956 utáni konszolidáció aktív szereplője, szocialista társadalmi rendszerünk kialakulásának e korszakában minden elődjénél többet tudott tenni szaktudományunk fejlődéséért.

Nyugalomba vonulásakor bizton reméltük, hogy színes, dinamikus egyénisége számára az elkövetkező évek a további gazdag alkotó munkát, a tudós professzor, a tudományos tanácsadó, az elvhű közéleti ember tartalmas életét jelentik. Reményeink nem váltak be. Egyre elhatalmasodó betegsége az utóbbi években fokozatosan teljes visszavonultságra kényszerítette. S most végképp el kellett szakadnunk tőle.

Emlékét azonban idézik alkotásai: a három intézet, a szellemileg-műszakilag korszerűsített fizikai-kísérletes meteorológiának modern obszervatóriumai, s kegyelettel őrzi emlékét tanítványainak hosszú sora, kiket igényes mércével ő indított el azon a tudományos pályán, amely messze, országhatárainkon, sőt Európán túl is megbecsülést szerezhetett a magyar meteorológiai szolgálatnak.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata, 82. évf. 2. szám. 1978. március—április
Journal of the Meteorological Service, Vol. 82, No 2. March—April. 1978 Budapest

Determination of the kinetic parameters of sulfur dioxide—sulfate conversion on the basis of atmospheric measurements

L. HORVÁTH and E. MÉSZÁROS *Institute for Atmospheric Physics, Budapest*

A kén-dioxid – szulfát átalakulás kinetikai paramétereinek meghatározása légköri mérések alapján. A kén-dioxid gáz szulfát aeroszol részecskévé való teljes átalakulásának kinetikai paramétereit határoztuk meg Budapest külvárosában végzett kén-dioxid és szulfát mérések alapján. Az abszolút reakciósebességi elmélet alkalmazásával a város felől fújó szelek esetében az aktiválási entalpiát 8.31 kal/mól-nak, az aktiválási entrópiát −48,8 cal/fok· mól-nak találtuk. 25°C-on az ennek megfelelő aktiválási szabadentalpia 22,9 kcal/mól, mely 1,77 óra felezési időt ad.

*

Определение кинетических параметров превращения двуокиси серы в сульфат, по данным атмосферных измерений. По данным измерения двуокиси серы и сульфата, проведенного в пригородном районе Будапешта, были определены кинетические параметры превращения двуокиси серы в сульфатные аэрозольные частицы. С использованием теории абсолютной скорости реакции при ветре, дующем из направления города, энтальпия активации была определена равной 8.31 ккал/моль, энтропия активации — 48.8 кал/градус·моль. При температуре 25° С соответствующая этому свободная энтальпия активации составляет 22,9 ккал/моль, что соответствует времени полураспада 1,77 часов.

*

The determination of the kinetic parameters of the conversion of sulfur dioxide gas to sulfate aerosol particles in the atmosphere is of interest for many problems in air chemistry and pollution studies. On the basis of observations carried out in the atmosphere during the summer half-year *Mészáros et al.*, (1977) were able to calculate the overall activation energy of this transformation as well as the rate constant as a function of the temperature. For this calculation they used the statistical relation found between the temperature and the logarithms of the molar ratios of sulfate to sulfur dioxide by applying the standard chemical kinetic technique.

The aim of the present paper is to re-calculate these kinetic data on the basis of the results of more numerous observations. Furthermore on this work the absolute kinetic theory is used which makes possible the determination of the free enthalpy and the entropy of the conversion as well as the temperature dependence of the so-called pre-exponential factor.

The data

The sampling of sulfur dioxide and sulfate particulate was carried out in the suburban Budapest. The concentration of sulfur dioxide was measured by the West-Gaeke method with a sampling time of 1 hour. The aerosol particles

for nephelometric sulfate analyses were sampled on filter during 2–4 hours by high volume collectors (see: *Mészáros* 1973 and 1974).

During the sampling among other parameters the temperature, the wind spead and direction were also observed.

Between 1971 and 1976 184 simultaneous (the sulfur dioxide was sampled in the middle of aerosol samplings) SO_2 and SO_4^{2-} measurements were made in midday hours. 98 of them were carried out in summer (April–September),

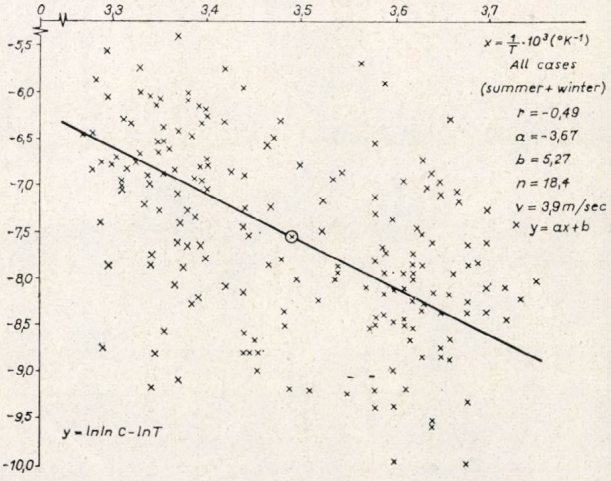


Fig. 1: Data sets and calculated regression line for all cases independiently of the wind direction. The symbol ⊗ gives the average of and the 1/T ordinate values.

while the others were done in winter half-years. As in the previous study *(Mészáros et al.*, 1977) the data were separated according to wind directions. The number of cases with city winds between West and Northeast during summertime was 58. The average temperature of measurements was 13 °C.

The theory

For a first-order oxidation of sulfur dioxide to sulfate the rate constant *(k)* is:

$$k = \frac{1}{t} \cdot ln\left(\frac{[SO_2]+[SO_4^{2-}]}{[SO_2]}\right) = \frac{1}{t} lnC, \tag{1}$$

where t is the time and brackets give the molar concentrations.

On the other hand according to absolute kinetic theory k can also be given as follows (*Erdey-Grúz* and *Schay*, 1964):

$$k = \varkappa \cdot \frac{k' T}{h} \exp\left(-\frac{\Delta G^*}{RT}\right), \tag{2}$$

where $\varkappa$ is the so-called transmission coefficient (considered to be 1 in this study), k' is the Boltzmann, h is the Planck constant, respectively. Further ΔG^* gives the activitation free enthalpy, R is the gas constant, while T is the absolute temperature.

Taken into consideration the well-known expression for free enthalpy, (2) yields:

$$k = \frac{k'T}{h} \exp\left(\frac{\Delta S^*}{R}\right) \exp\left(-\frac{\Delta H^*}{RT}\right), \tag{3}$$

where ΔS^* is the activation entropy, while ΔH^* is the activation enthalpy (according to classical treatment the activation energy).

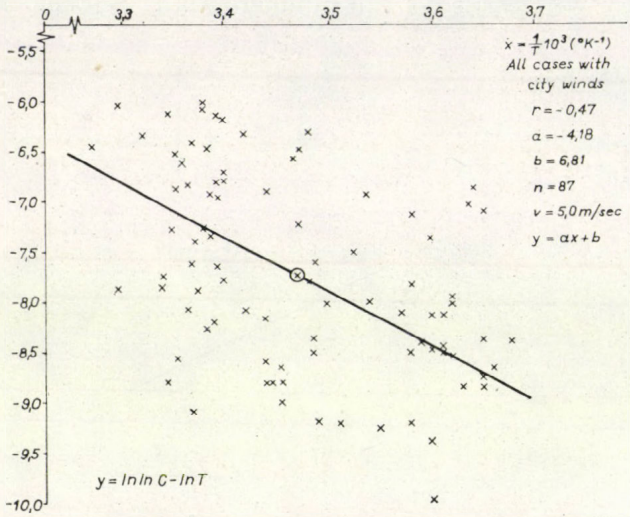


Fig. 2: Data sets and calculated regression line for all cases with city winds. The symbol ⊗ gives the average of 1/T and the ordinate values.

The combination of (1) and (3) yields:

$$\ln\ln C - \ln T = \ln\frac{k't}{h} + \frac{\Delta S^*}{R} - \frac{\Delta H^*}{RT} \tag{4}$$

In our calculations it was assumed that at $t=0$ the SO_2 concentration is the sum of the SO_2 and SO_4^{2-} concentrations measured at t. It is implied in this assumption that neither sulfur dioxide nor sulfate are lost from the air between the main sources and sampling site (the mean distance between the city and the sampling site is about 10 km) and that the concentration of sulfate particles up-wind from the city can be neglected. The error made by these assumptions in the results of the calculations was previously discussed *(Mészáros et, al.*, 1977).

Results and discussion

According to equation (4) the data were plotted in such a coordinate system where $y = \ln\ln C - \ln T$, while $x = 1/T$. In this way, by employing a simple linear correlation, the "a" value in the regression line $(y = ax + b)$ is $-\Delta H^*/R$, while "b" is given by the first two terms on the right hand of equation (4). To be able to calculate t, from the main source distance and wind speed, the data sets with city winds were separately considered.

Figs. 1 and *2* represent the results obtained for all cases and for data sets with city winds, respectively. In these figures the correlation coefficients *(r)*, the constants of the regression line, the number of cases *(n)* and the average wind speeds are also plotted. The correlation coefficients in figs.

1 and 2 give, considering the number of data sets, real statistical relations at a probability level of 0.01. The calculated activation enthalpies for all cases and for all cases with city winds are 7.3 kcal/mole and 8.3 kcal/mole, respectively. This means that the activation enthalpy is about the same independently of the source distance. It can also be seen from these figures that the value of "*b*" constant is very similar for all wind directions and for city winds. Considering that *t* in "*b*" must be very different (because of the different

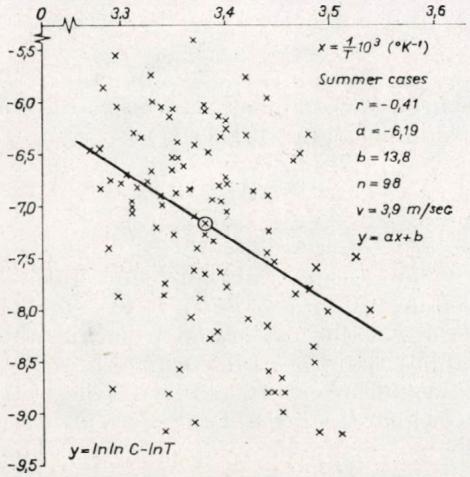


Fig. 3: Data sets and calculated regression line for summer data in the case of all wind direction. The symbol ⊗ gives the average of 1/T and ordinate values.

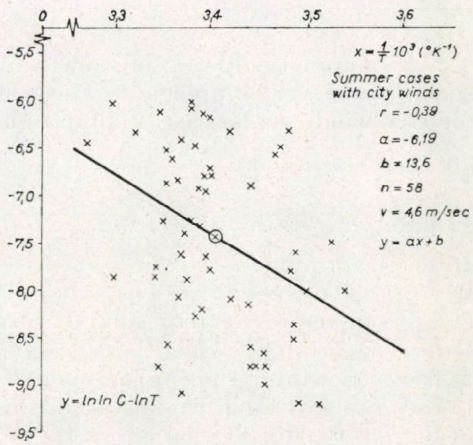


Fig. 4: Data sets and calculated regression line for summer data with city winds. The symbol ⊗ gives the average of 1/T and ordinate values.

average source distance) when the wind blows from the city or from the countryside we have to assume that there is also a difference in ΔS^* values under these two conditions. This is not unreasonable since it is probable that in locally polluted air other reaction partners are present in the oxidation of SO_2.

To receive results comparable with our previous kinetic data *(Mészáros et al.*, 1977), similar calculations were done for summer cases *(Figs. 3* and *4)*. It follows from the calculated regression lines in *Figs. 3* and *4* that in summer exactly the same activation enthalpy can be obtained under both conditions (12.3 kcal/mole). This figure is between the activation energies found in the previous study *(Mészáros et al.*, 1977) on the basis of less numerous observations by using the classical kinetic treatment and two different approximations.

The kinetic parameters calculated from data sets with city winds are

TABLE I

Kinetic parameters calculated from data sets with city winds. The values of ΔG^*, k, $t_{1/2}$ *and* A *refer to* 25 °C

	ΔS^* [cal/degree. mole]	ΔG^* [kcal/mole]	k [1/sec.10^4]	$t_{1/2}$ [hours]	A [1/sec]
All cases	−48,8	22,9	1,09	1,77	134
Summer cases	−35,5	22,9	1,04	1,85	1,08. 10^5

found in *Table I*. In this table the so-called pre-exponantial factor is also given, the value of which, according to equ. (3), is:

$$A = \frac{k'T}{h} \exp\left(\frac{\Delta S^*}{R}\right).$$

It follows from data of the table that, although the value of ΔH^* is higher for all cases than for summer data sets (see above) the value of ΔG^* is about the same. That is the variations of ΔH^* are compensated by the changes of ΔS^*.

From practical point of wiew the variation of k (or $-t_{1/2}$) as a function of T seems to be very important. The following two formulae give this variation for city winds in the case of all data and summer data, respectively:

$$\text{all cases:} \quad k = 0{,}450 \cdot T \cdot \exp\left(-4{,}18 \cdot 10^3/T\right) \quad [sec^{-1}], \tag{5}$$

$$\text{summer:} \quad k = 3{,}63 \cdot 10^2 \cdot T \cdot \exp\left(-6{,}19 \cdot 10^3/T\right) \quad [sec^{-1}].$$

In these formulae k is expressed in sec^{-1}, while T is the absolute temperature. According to the expressions (5) (and accordig to data in *Table I*) k is smaller at a given temperature in summer than the k value calculated from all data (summer + winter), which apparently implies that the transformation of SO_2 is faster in winter than in summer. This would be inconsistent with the well-known observational finding according to which the ratio of the concentration of SO_4^{2-} to that of SO_2 on an average is higher in summer than in winter. This apparent contradiction can be eliminated if the difference in average temperature of the summer and winter half-years is taken into consideration.

Finally it is to be noted that, in accordance with the absolute kinetic theory, the pre-exponential factors in (5) also depend on the temperature. This dependence causes some difference in k as compared with the results of the classical treatment considering A to be independent of the temperature. To calculate this difference quantitatively the standard kinetic theory, as outlined in the previous study (*Mészáros et al.*, 1977), was also applied to the data sets used in this work. It was found that in this case, at a temperature of 25 °C the k value for all cases and for summer cases, both with city winds, is $1.14 \cdot 10^{-4}\ sec^{-1}$ and $0.60 \cdot 10^{-4}\ sec^{-1}$, respectively, which are somewhat different than those listed in *Table I*.

REFERENCES

Erdey-Grúz T., Schay G. (1964) Elméleti fizikai kémia. *Tankönyvkiadó*, Budapest.

Mészáros E. (1973) Evidence of the role of indirect photochemical processes in the formation of atmospheric sulphate particulate. *Aerosol Science 4*, 429–434.

Mészáros E. (1974) On the formation of atmospheric sulphate particulate in the winter months. *Aerosol Science 5*, 483–485.

Mészáros E., Moore D. J. and Lodge J. P (1977) Sulfur dioxide – sulfate relationships in Budapest. *Atmospheric Environment, 11*, 345–349.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 82. évf. 2. szám. 1978. március–április
Journal of the Meteorological Service, Vol. 82 No 2. March–April 1978 Budapest

Az agrometeorológia feladatai és problémái

A. MÄDE, *Martin Luther Universität Halle-Winnemberg, Halle a.d. Saale*

Tasks and Problems of Agricultural Meteorology. On the basis of a life-long activity in the field of agricultural meteorology, the tasks of the meteorologist in the interdisciplinar domain between meteorology and the agricultural sciences are discussed, in view of an utilization of meteorological knowledge in agriculture. The actual advising service in agricultural meteorology is very useful for the practice in agricultural operation. Investigations in agricultural meteorology and agricultural climatology are aids in decisions making for the institutions devoted to planning work in agriculture. Some investigations in the field of meteorological crop analysis and on the meteorological hazards of using harvester-treshers are to be interpreted as examples for the working method of the meteorologist.

⁂

Задачи и проблемы агрометеорологии. Исходя из многолетнего опыта, накопленного в области агрометеоролгических работ, рассматриваются задачи метеорологов в смежных областях метеорологии и сельского хозяйства, позволяющие целеустремленно использовать метеорологические познания в пользу сельского хозяйства. При этом практикуемая в настоящее время агрометеорологическая консультация оказывает значительную помощь в практической работе сельскохозяйственных организаций. Агрометеорологические и агроклиматологические исследования могут считаться важным вспомогательным средством при принятии плановыми и руководящими органами сельского хозяйства решений. Исследования, проведенные в области метеорологического анализа урожайности и оценки метеорологического риска напр. при внедрении комбайнов могут считаться примером подхода метеоролога к решению подобных задач.

⁂

Az agrometeorológia olyan tudományág, amely legalább két munkaterületnek az ismereteit és tapasztalatait használja fel. Ennek során az egyik munkaterület, a meteorológia, amely magában foglalja a klimatológiát is, egy viszonylag egységes terület egyöntetűen matematikai-fizikai megalapozással. A másik főterületen, az agrártudományok területén, nagyobb számú egyedi diszciplinának az integrációjával állunk szemben, amelyek természettudományi és műszaki alapokra épülnek fel és belenyúlnak még a gazdasági tudományok, különösképpen a közgazdaságtan területére is. Mindegyik tudományágnak saját terminológiája van, a használt fogalmaknak a különleges definícióival is, és ezzel saját külön nyelve és számára különleges gondoskodásmódja alakult ki. Ebből azok számára, akik olyan határterületen tevékenykednek, mint az agrometeorológia, beszéd- és gondolkodásbeli gátak származnak, amelyek megnehezítik a kölcsönös megértést. Ez könnyen félreértésekre vezet az ismeretek tartalmi értékére és extrapolálási lehetőségeire vonatkozólag. Ezért agrometeorológiai megállapítások megítélésekor mindenkor fel kell vetnünk

azt a kérdést, vajon a feldolgozó személy matematikai-fizikai képzettségű-e vagy pedig mezőgazdasági oldalról érkezik, olyan gondolkodásmóddal, amely a biológusokra, a technikusokra és a közgazdászokra jellemző. Ezeket a különbségeket számításba kell vennünk még akkor is, ha jelenleg már közeledés figyelhető meg a kétféle munkamódszer közt, mint ahogyan például a biológiában egyre nagyobb mértékben használnak matematikai, különösképpen pedig statisztikai módszereket az ismeretek értelmezésére.

Ez a tény nagymértékű kölcsönös megértést követel meg és azt, hogy foglalkozzunk beszélgető társunk vagy munkatársunk gondolkodásmódjával, főképp akkor, amikor a feladatkitűzés megfogalmazása után a megoldás útját kell kijelölni. Eredményes munka csak ott végezhető, ahol a két résztvevő fél egyenértékű és ahol az egyenjogúságot gyakorlatilag megvalósítják, vagyis ahol nincsenek szakmai prioritások.

Itt felvetődik az a kérdés is, vajon tanácsos-e az, hogy az agrometeorológust specialista gyanánt képezzük ki, vagy pedig nem helyesebb-e az, hogy az agrometeorológiát már elvileg kollektív munkának fogjuk fel a meteorológusok és a különféle irányzatú mezőgazdák közt. Nehéz eldönteni, hogy melyik utat kellene követnünk. Itt a szereplő személyek teljesítési potenciálja és gondolkodásmódja fontosabb lehet, mint az elvi meggondolások. De mindenesetre az agrometeorológiai tervek intézményesítésekor biztosítani kell a paritást a meteorológia és a mezőgazdaság szerepe között.

Az agrometeorológia németországi fejlődése megmutatja, hogy az ilyen kollektív munkamód kockázatmentesebb módon vezet el lényeges és értékes eredményekhez, mint a tudományos egyedüljárás, amely túlteszi magát a szakmai megítélőképesség határain.

Az agrometeorológia fejlődésének kezdete Németországban

Agrometeorológiai vizsgálatok Németországban mintegy már egy évszázad óta folynak. Ezen a helyen az összes többiek helyett csak két nevet említünk meg ennek a sokéves tradíciónak a jellemzésére: *Wollny* és *Holdefleiss* nevét. Kivált az utóbb említett kutató a maga korához képest értékes adalékokat szolgáltatott a terméseredmények meteorológiai elemzéséhez, a terméseredmények előrejelzéséhez és becses fenológiai megfigyeléseket végzett az *Ihne*-féle módszerrel. Annak következtében, hogy a hallei egyetemen fejtette ki tevékenységét, a Halle és Magdeburg körüli térség állt vizsgálatainak középpontjában. Szakmai jelentőségét a közvetlen működési körén túl is nyilvánvalóvá teszi közreműködése az akkori Nemzetközi Meteorológiai Szervezet agrometeorológiai bizottságában.

Mindamellett csak 1932-ben alakult agrometeorológiai munkaközösség, amelynek kezdeményezője és meteorológus tagja *K. Knoch* meteorológus és klimatológus volt, biológus és mezőgazdász tagjai pedig *Erwin Baur*, *Mitscherlich* és *Sessous* voltak. Ez a társulás már kifejezte a készséget a különböző tudományterület kutatói közötti együttműködésre.

Ez a munkaközösség azzal az eredménnyel is járt, hogy egy biológiai intézethez meteorológust küldtek ki. A Müncheberg-i Kaiser–Wilhelm Növénytermesztési Intézetben, amely később *Erwin Baur* nevét vette fel, egy agrármeteorológiai kutatóhelyet építettek ki, amely szervezetileg a meteorológiai előrejelző szolgálathoz tartozott. Az ott tevékenykedő meteorológus számára azt a feladatot tűzték ki, hogy ezen biológiai intézet munkájából ragadjon ki meteorológiai és esetleg egyéb fizikai jellegű problémákat, és ezek meg-

oldásának megkísérlése révén legyen segítségére a növénytermesztési kutatóknak. Amikor ezt a szervezeti formát 1934 elején megteremtették, előrelátható volt, hogy eredménnyel kecsegtető munkák csak lassan bontakoznak ki, és hogy kölcsönös felderítő munkára van szükség ahhoz, hogy a konkrét célkitűzéseket fel lehessen ismerni és ezáltal hatékony segítséget lehessen nyújtani a növénytermesztési munkában.

Az agrometeorológiai kutatóhely szolgálati fennhatósága, az időjárási előrejelző szolgálat eleinte meteorológiai feladatokat tűzött ki. Pl.: az intézet területét meteorológiailag fel kellett mérni és fejlesztési munkákat kellett végezni a mikrometeorológiai méréstechnika terén. A növénytermesztőknek nyújtott kisebb segédkezések mellett a szabadtéri növények levélfelszíni hőmérsékletének mérése, a szellőztetett növényházak rendszeres meteorológiai vizsgálata és növénytermesztési szempontból legelőnyösebb üzemeltetésük: ezek voltak azok a feladatok, amelyek a biológiai intézettel való együttműködésből származtak.

A növényfiziológussal való együttműködés folyamán kitűnt, hogy az ilyen növényházaknak és hűtőberendezéseknek a megtervezői a biológiai adottságokat nem vették kellő mértékben figyelembe. Ezt az eredményt a sikeres együttműködés egyik példájának tekinthetjük.

Ezért én arra a felfogásra vagyok hajlamos, hogy célszerűbb megoldás az, ha teljesítőképes szakembereket hozunk össze, ellenben *lemondunk arról, hogy bizonyos fokig mindenben járatos agrometeorológust képezzünk ki.*

Az agrometeorológiai kutatóhelyek és tanácsadás kialakítása az NDK-ban

Ezen elv értelmében történt meg 1946-ban, a Szászország-Anhalt-i tartományi meteorológiai szolgálatból kiindulólag, az NDK területén az agrometeorológia kiépítése. Agrometeorológiai kutatóhelyek létesültek a biológiai kutatóintézményeknél, amelyek szervezetileg az NDK meteorológiai szolgálatához tartoztak, és amelyek egy agrometeorológiai rendeltetésű kutatóintézethez vannak hozzárendelve.

A kutatáson kívül azonban ki kellett fejleszteni az agrometeorológiai tanácsadást is. A mezőgazdaság számára nyújtott ezen időszerű tanácsadás, amely túlmegy az időjárási előrejelző szolgálat rendes keretein, *a priori* magának a meteorológiai szolgálatnak a feladata. Ennek megoldásához szükség van az időjárási jelentéseken kívül, az idevágó biológiai és mezőgazdasági információkra is arról a területről, amelyet ki kell szolgálnunk. Ehhez segítséget nyújt a Fenológiai Szolgálat, amelynek fenntartásáról az 1930-as évek közepétől kezdve a meteorológiai szolgálat gondoskodott.

A szabályozásnak ez a módja azért volt rendkívül hasznos, mert a meteorológiai szolgálatnak a maga éghajlatkutató hálózatával és fejlett, gyors, pontos hírszolgálatával megvannak azok a tapasztalatai, amelyek szükségesek egy ilyen különleges megfigyelőhálózat fenntartásához. Ennélfogva megvolt a lehetőség arra is, hogy egy jelentőkulcsot dolgozzunk ki a mezőgazdaságnak nyújtott agrometeorológiai tanácsadás számára. Ez a jelentőkulcs az időjárási jelentőkulcsok szerkezetére támaszkodik és a fenológiai megfigyeléseken túl különféle, a mezőgazdaság számára fontos adatokat ölel fel, mint amilyenek a talajállapot, a talajhőmérséklet, vagy a légnedvesség bizonyos értékeinek fennállási időtartamai stb.

Ily módon az NDK meteorológiai szolgálatának a szinoptikai és klimatológiai adatanyagon felül mezőgazdasági vonatkozású információi is vannak az

ország mezőgazdaságának széles körű meteorológiai tanácsokkal való ellátására.

Az agrometeorológia területén végrehajtandó munkálatok terjedelméről széles látókör alapján és egyben a jelenlegi távlatból nézve tájékoztat az a 10 ajánlás és az a 24 határozat, amelyet a Meteorológiai Világszervezet Agrometeorológiai Bizottsága 1974-ben Washingtonban tartott [19] VI. ülésszakán dolgozott ki.

Nem feladatunk, hogy itt beszámoljunk ennek a konferenciának az eredményeiről. Ezeket az érdekeltek különben is bizonyára ismerik. De ha összehasonlítjuk a Meteorológiai Világszervezet ugyanezen bizottságának I. konferenciáján Párizsban hozott határozatokkal és ajánlásokkal, azonnal kitűnik, hogy az agrometeorológiai megfigyelésügy akkor megtörtént szabályozása jó gyümölcsöket hozott [18].

A washingtoni konferencián elhangzott nagyszámú beszámoló is bizonyította, hogy az egész világon intenzív munka folyik az agrometeorológia területén. Ebből fakad annak sürgős szükségessége, hogy a sokféle, szétszórt és nem mindenki számára hozzáférhető tapasztalatokat össze kell gyűjteni, rendszerezni kell, és ki kell nyomozni azokat a hézagokat, amelyek tudásunk jelenlegi állása mellett fennállnak. Így meglesz a lehetőség arra, hogy ezeket a hézagokat céltudatosan végzett munkák útján kitölthessük.

Hézagok állnak fenn jelenleg is úgy, mint a múltban a regionális termés-eredmény-előrejelzések terén, valamint a világ élelmiszertermelésében elért eredmények becslése tekintetében a tenyészidőszak időjárási alakulásától függően. Hiányzik annak felbecslése is, hogy az agrometeorológiai szolgálatok milyen népgazdasági haszonnal járnak, pedig ennek különleges jelentősége volna az állami intézmények felelős vezetői számára.

A meteorológiai ismeretek felhasználása a mezőgazdaságban

Hogy a meteorológiai ismereteknek felhasználása a mezőgazdaságban nem valami újkeletű szükséglet, azt megmutatja egy rövid visszapillantás az ilyen irányú erőfeszítésekre a legutóbbi száz esztendő folyamán. *T. v. Wilamovitz-Moellendorff* és *A. Schuman* (akik kereken két évtized óta tevékenykednek az NDK mezőgazdaságának agrometeorológiai tanácsadó szolgálatában), tömör áttekintést nyújtottak ezekről az erőfeszítésekről [17].

Eszerint már 1872-ben megtalálhatók az USA-ban egy „Weather-Crop Bulletin" (Időjárási és termés bulletin) kiadásának a kezdetei. Ezek a jelentések körülbelül 1895 óta rendszeresen jelennek meg.

Németországban 1878-ban tanácskozások folytak egy mezőgazdasági célú meteorológiai szolgálat megszervezéséről.

A kapcsolatok a meteorológiai szolgálatok és a mezőgazdaság között ettől az időtől kezdve fennmaradtak. Előtérben álltak a várható időjárásra vonatkozó információk és a mezőgazdaságnak nyújtott klimatológiai tanácsadás. Különleges agrometeorológiai tanácsadás akkor még nem működött.

Az agrometeorológia számára hasznos ismeretek származtak abból, hogy 1895-től kiépült egy — bár ritka — fenológiai megfigyelőhálózat *Hoffman* és *Ihne* érdeméből. A növényfenológia és a mezőgazdaság között fennálló kapcsolatra *Ihne* 1909-ben világított rá [6] az e téren gyűjtött saját tapasztalatai alapján. Időközben konkrét elképzelések alakultak ki az agrometeorológia feladatköréről, úgyhogy lehetővé vált egy agrometeorológiai intézmény felállítása.

A Nemzetközi Meteorológiai Komité keretében (amely a jelenlegi Meteorológiai Világszervezetnek egyik előfutára volt), annak 1913-ban Rómában tartott ülésén létrehoztak egy agrometeorológiai bizottságot, amelynek a későbbiek folyamán német részről *Holdefleiss*, a Halle-i egyetemen dolgozó mezőgazdász és *K. Knoch*, a berlini porosz meteorológiai intézet klimatológusa volt a tagja. Ugyanarról a *K. Knoch*-ról van szó, aki a már említett agrometeorológiai munkaközösség révén elérte Németországban a fenológiai megfigyelőhálózat *F. Schnelle* [15] irányításával történt felállítását és az agrometeorológiai kutatás rendszeres fejlesztését az 1930-as évek elején.

A meteorológiai tapasztalatok tervszerű és célratörő felhasználására törekedett a mezőgazdaság terén *Lenin* ismert 1921 évi határozata. Ez volt az alapja az orosz szovjet köztársaság mezőgazdasági népbiztossága keretében létesült meteorológiai termésszolgálatnak, amely 1922-től kezdődőleg tíznapos időközökben adott ki jelentéseket, ezek a mezőgazdaság számára fontos meteorológiai adatokat és áttekintéseket tartalmaztak.

Az NDK-ban a tartományi meteorológiai szolgálatok tapogatódzó kísérletei után, amelyek már 1946-ban megkezdődtek, 1950-ben a meteorológiai szolgálat a mezőgazdaság, különösen a mezőgazdasági üzemek számára olyan tanácsadásra törekedett, amely a napi időjárási előrejelzésen túl, külön kommentárban tárgyalja a pillanatnyilag időszerű mezőgazdasági és üzemgazdasági problémák meteorológiai vonatkozásait.

Agrometeorológiai tanácsadás az NDK-ban a közelmúltban és jelenleg

Az időszerű tanácsadást 1956. február 1-én egy munkacsoport révén meg tudták indítani a drezdai, lipcsei és Karl-Marx-Stadt-i körzetek számára. Időközben ez a szolgálat már az NDK összes kerületei számára működésbe lépett. A rádión kívül, amely a regionális adókon keresztül a nyári hónapokban szükség esetén naponta sugároz agrometeorológiai jelentéseket, rendelkezésre áll a mezőgazdasági sajtó és hetenként egy alkalommal a televízió is.

Erre a tanácsadási tevékenységre érvényes az a tétel, amelyet az írországi *Bourke* fogalmazott meg az Unesco 1966-ban Reading-ben tartott, az agroklimatológiai módszerekkel foglalkozó [3] értekezletén:

„Az agrometeorológus saját maga nem avatkozik bele a mezőgazdasági termelésbe. Feladata abban áll, hogy hasznos információkat bocsásson rendelkezésre, akár közvetlenül, akár pedig a mezőgazdaság tanácsadó szerveinek a közvetítésével."

Ezen célkitűzés megvalósítására azok, akik az NDK-ban hosszú évekre visszanyúló tevékenységet fejtenek ki ebben a szolgálatban, irodalmi tanulmányok révén és a publikációk gondos szemmeltartása útján összegyűjtötték azokat az ismereteket, amelyek az eredményes tanácsadói munkához szükségesek és hasznosak. A szükséges adatokat a már említett, AGMET nevű jelentőkulcs segítségével gyűjtik össze. Zárójelben említsük meg, hogy egy különleges számkulcs felhasználásának gondolata nem újkeletű. Így például a lengyel agrometeorológusok már az 1930-as években használtak egy ilyen jelentőkulcsot.

Lényeges, hogy a jelentőkulcs alkalmazkodjék a mezőgazdaság mindenkori termelési módszereihez, továbbfejlesztésük során időnként felül kell őket vizsgálni és adott esetben ki kell bővíteni őket. *T. Wilamowitz-Moellendorff* és *Schumann* beszámoltak tapasztalataikról [17]. Az érdeklődők számára heti agrometeorológiai áttekintést is adnak, amely meteorológiai mérési adatokat tartalmaz és értelmezi az időjárás hatását a talajra, a növényekre, a mező-

gazdasági munkaszervezésre. A heti áttekintések tartalma a mezőgazdaság évszakos szükségleteihez alkalmazkodik.

Az agrometeorológiai tanácsadás hatékonysága (mind a rövidtávú, mind a hosszú távú informálás esetében) a felhasznált tudományos alapok információtartalmán alapul. Nagyon fontos ennek kapcsán az extrapolálás, azaz, hogy azokat az eredményeket, amelyeket úgyszólván pontszerűen kaptunk meg valamilyen termőhely számára, nagyobb területre is kiterjeszthessük.

A tanácsadáshoz szükséges alapok összeállítása körül tudásunkban éppen ebben a tekintetben jelentősek a hiányok.

A terméseredmények előrejelzésének modelljei

Ilyen körülmények közt a terméseredmény előrejelzése számára a különböző országokban számos modellt használnak, amelyek felépítésük szempontjából nagyon eltérők egymástól és amelyek az előrejelzés céljára más és más paramétereket használnak. Legalábbis gyakorlati célokból ez idő szerint úgy látszik, kevésbé azon múlik a siker, hogy egy okságilag felépített számítási modellt alkalmazzunk. Elegendő már az is, hogy statisztikai modelleket használjunk elfogadható *input*-mennyiségek mellett. A különféle éghajlati területeken ezek az input-mennyiségek mindenkor azok az éghajlati paraméterek, amelyek korlátozó tényezőknek tekintendők a növények növekedése és hozama tekintetében.

Így például azok az eredmények, amelyeket *Ulanova* [16] Ukrajna számára bemutatott, olyan területre érvényesek, ahol döntő szerepe van a talajban a téli vízfelhalmozódásnak. *Ulanovának* sikerült kimutatnia, hogy amikor maximális a vízkészlet téli felhalmozódása, akkor a terméseredmények még abban az esetben sem süllyedhetnek bizonyos határ alá, ha az időjárás a következő év tenyészidőszakában rendkívül kedvezőtlenül alakul. Fordítva pedig, csak bizonyos minimális hozam érhető el abban az esetben, ha a tenyészidőszakban a vízellátás optimális volt, de az előző, téli vízfelhalmozódás nem volt kielégítő.

Van Everdingen [4] Hollandiában előrejelzési módszert dolgozott ki a káposztarothadás előrejelzésére; módszere kritikus napokon alapszik, amelyeket bizonyos megadott meteorológiai értékek jellemeznek. Az NDK burgonyaszanálási területein, például Mecklenburgban, ezt a módszert ki kell egészíteni még azzal a feltétellel, hogy a gomba spóráit a tavaszi és nyári hónapokban felfogják spóracsapdák segítségével. Csak amikor ki lehet mutatni a fitoptérák spóráinak szállását a levegőben, akkor lehet nálunk az *Everdingen*-féle módszert használni. Írországban ellenben *Bourke* [1, 2] szerint elég az időjárási helyzet jellemzésére szorítkozni, és már ezen az alapon is megbízható előrejelzés készíthető a káposztarothadás bekövetkezésére. Nyilvánvaló, hogy nem mindig csak fejlődésképes spórák vannak jelen. Ám az is nyilvánvaló, hogy a spórák növekedéséhez szükséges meteorológiai föltételek az illető évszak folyamán mindig beteljesednek.

A mezőgazdaságnak nyújtott tanácsadáshoz ma még az is szükséges, hogy a modellek egy rendszerét fejlesszük ki a különféle feladatok számára, amelyek közül mindegyik bizonyos meteorológiai, illetőleg klimatológiai határok közé esik. Célfeladatnak kellene tekinteni azt, hogy a modellek túlságosan nagy számát csökkentsük azzal a szándékkal, hogy végülis egységes modellhez juthassunk el, amelyből a különféle éghajlati területek számára érvényes határértéknek a betáplálása után regionális érvényességű modellek fejleszthetők ki. Itt nyilván abból kell kiindulni, hogy ezek a regionális modellek információtartalmuk és a prognózis biztonsága tekintetében eltérnek egy-

mástól. Bizonyára nehéz lesz, hogy ehhez az egységes modellhez statisztikai és így mégis inkább pragmatikusabb úton sikerüljön eljutni. Ennek a célnak az elérése azonban nem látszik lehetetlennek abban az esetben, ha a statisztikai modellek helyébe biofizikai modellek kerülnek, s ezekben olyan paraméterek szerepelnek, amelyek a növényi tömeg termelésének energetikai folyamatai szempontjából jelentősek.

Agrometeorológia és állattenyésztés

A meteorológusok mindeddig kevésbé elmélyedően foglalkoztak az állattenyésztés produktivitásának kérdéseivel, mint a növénytermesztéssel. Ez a megállapítás nyilván az NDK határain túl is érvényes. Az e területre eső ismereteket legnagyobb részt zoofiziológusok szerezték meg. Ennek oka valószínűleg abban keresendő, hogy az állat a növényhez képest nincs annyira kiszolgáltatva az időjárástól függő környezeti tényezőnek. Bizonyos határok közt alkalmazkodni tud a meteorológiai környezethez és sok esetben megvannak a lehetőségei arra, hogy a meteorológiai veszélyhelyzetek elől kitérjen. Ezáltal olyan meggondolások és vizsgálatok válnak szükségessé, amelyek elsősorban a zoofiziológusnak és az állattenyésztőnek a feladatkörébe esnek. Ehhez járul még, hogy a mezőgazdasági haszonállatoknak rideg tartása során az NDK-ban nem kell olyan látványos veszélymozzanatokkal számolni, mint amilyenek a magashegységben és a középhegységek magasabb régióiban — a havasi legelőkön való nyári tartózkodáskor — bekövetkezhetnek. Mindennek ellenére ezen a téren is szükség van a meteorológia közreműködésére.

Az intenzív állattartás szemszögéből az istállóklíma szabályozása, (aminek a megfelelő berendezések kiszolgálása tekintetében vannak következményei), már a tervezésnél nyújtott tanácsadás, az istállók korszerű építészeti megvalósítása áll az előtérben. Általában olyan munkaterületről van itt szó, amely a műszaki meteorológia feladatkörébe tartozik. Az NDK meteorológiai szolgálatában a műszaki meteorológia szervezeti szempontból el van különítve az agrometeorológiától. Megállapítható azonban, hogy az állattenyésztés terén olyan problémák merülnek fel, amelyek megoldásában az agrometeorológus is részt vehet.

Agroklimatológia, terepklimatológia

További területek, amelyeken a meteorológus a mezőgazdaságnak az időszerű meteorológiai tanácsadás keretein túl is segítségére lehet, a következők: az agroklimatológiai vizsgálatok és a meteorológiai terepfelvétel.

A meteorológiai terepfelvételnél, az úgynevezett a topoklimatológiánál, nem egyszerűen csak arról van szó, hogy a klimatológiai térképeket finomabb részletekkel lássuk el. Sokkal inkább arról, hogy a meteorológiai terepfelvételből nyert ismereteket konkrét mezőgazdasági kérdésekre alkalmazzuk.

Az intenzív gyümölcstermesztésnek az NDK-ban történő kiterjesztésekor, ilyen kérdés volna például olyan területeknek a felkutatása, amelyeken a tavaszi fagyok előfordulása a gyümölcsfák virágzása idején annyira csekély, hogy a virágok károsodásával 10 vagy 20 év alatt csak egy alkalommal kell számolnunk.

Arról van itt szó, hogy a középértékeket feloldjuk és olyan gyakoriságokkal vagyis valószínűségekkel helyettesítjük, amelyek előre megadott meteorológiai körülmények bekövetkezésére vonatkoznak. Ilyen lehet például annak a gyakorisága, hogy a hőmérséklet és a légnedvesség bizonyos értékeket meghalad vagy a különféle tájfekvésekben bizonyos értékeken alul marad. Ilyen

kísérletet végeztünk a Thurow-i térképlap által felölelt körzetben az ottani mezőgazdasági területekre vonatkozólag [12].

E vizsgálatok alapjául szolgáltak a meteorológiai elemek regisztrátumai egy különleges, több hónapig működtetett hálózat területén.

Az 1:25 000 léptékű térképlap a maga rétegvonalaival igen alkalmas az ilyen vállalkozás számára. Ezen a térképen a mélyedések és völgyek, valamint a lejtő- és fennsíki fekvések éghajlati vonásai mezőgazdasági célokra kielégítő finomsággal ábrázolhatók.

A Neustrelitz-től keletre eső területet felölelő térképlap feldolgozásakor többek között egy 200 km² kiterjedésű fennsíki zóna volt kimutatható, amelyen az almafavirágzás idején fellépő fagyok gyakorisága 5–10%-ot tesz ki évenként, holott a fennsíktól néhány km távolságban levő mélyedésekben 60–80%-os fagygyakorisággal kell számolni.

Hasonló meggondolások érvényesíthetők olyan agroklimatológiai vizsgálatok esetén, amelyek az éghajlatkutató hálózat adatanyagára támaszkodnak. A klimatológiai középértéken alapuló szemléletről a gyakorisági statisztikára való áttérés révén erősebb differenciálás válik lehetségessé olyan területen is, amely klimatológiailag látszólag nagymértékben homogénnek mutatkozik, mint amilyen például az NDK államterülete. Felismerhetőkké válnak az időjárás lefolyásának az évek során előfordulható változatai. Ezáltal lehetségessé válik, hogy előre megadott célokra kiszámított gyakorisági értékeket gazdasági mérlegelések számára használjunk fel. Ez azonban azt kívánja meg, hogy az ilyen vizsgálatok mezőgazdasági felhasználói átálljanak az ilyen eredmények értékelésére és kiértékelésére, azaz az eredményeket alkalmazzák is munkájuk során.

Hogy ezeket a kijelentéseinket konkretizáljuk, legyen szabad ezen a helyen már előlegeznünk annak a később ismertetendő vizsgálatnak a kiértékelését, amely az arató-cséplőgép alkalmazásának meteorológiai kockázatára vonatkozik [11].

Azok a középértékek, amelyek ennek az aratógépnek a meteorológiailag megengedett alkalmazási óráira vonatkoznak, nem adnak felvilágosítást arról, milyen következményekkel jár e gépek alkalmazása a terepen, mert ezek a következmények az évről évre változó időjárástól függenek. Éppen 1977 mutatta meg az NDK-ban, milyen differenciált módon játszódhat le az aratás még aránylag kisebb területeken is. Megmutatta azt is, hogy milyen erőfeszítések válhatnak szükségessé a gépeknek az egyik területről a másikra való átszállításával, ha a lábonálló gabonát a lehető legkisebb veszteségek mellett óhajtjuk betakarítani. Ha adat áll rendelkezésükre az arató-cséplő gépek bevezetésének meteorológiailag meghatározott kockázatáról, az hasznos kiegészítést jelent a szükségletnek vetésterületek alapján történő becsléséhez. Azonban ez az agroklimatológiai kiegészítés egyúttal megállapításokat tesz lehetővé arra vonatkozólag is, milyen biztonsággal lehet a termést valamely előre megadott gépállomány birtokában és valamely előre megadott időn belül betakarítani, továbbá melyek azok a termésveszteségek, amelyek valószínűek, illetőleg amelyek elkerülhetők. Ezáltal azonban az is lehetővé válik, hogy gazdasági mérleget készíthessünk valamely aratási terület számára.

Ebben az értelemben az ipari jelleggel termelő mezőgazdaságban az agroklimatológia sokkal tágabb keretek közt kihasználható a hosszú távú mezőgazdasági tervezés számára, mint ahogyan az ez idő szerint történik.

Ezeket az inkább elvi jelentőségű fejtegetéseket legyen szabad két példával kiegészítenünk.

Az első probléma a meteorológiai termeléselemzéssel foglalkozik. A második példának az a rendeltetése, hogy az arató-cséplő gép meteorológiai bevezetéséről tett megjegyzéseinket kiegészítse a relatív nedvesség gyakorisági statisztikája útján.

Termeléselemzés

Halle városára rendelkezésre állanak egy II. osztályú éghajlati állomás megfigyelésein kívül fenológiai megfigyelések is, amelyek az *Ihne*-féle észlelési program [6] alapján történtek, éspedig közel 40 esztendős sorozatban. Ehhez járulnak terméshozam-értéksorok a *Kühn*-féle kísérletből, amelyek az örökös rozstermesztésre vonatkoznak; ez a sorozat 1879 óta áll fenn [14]. Ezeknek a terméshozam-sorozatoknak az előnye abban rejlik, hogy a rozsot évről évre egy és ugyanazon a vetéstáblán egy és ugyanazon trágyázással egy és ugyanazon művelési móddal termesztették; ilyen oldalról tehát aligha feltételezhető az évi terméshozamok befolyásolása. Feldolgozásra kerültek egy olyan táblának az adatai, amely istállótrágyázásban részesült. A vizsgálat az 1900—1939 évekre terjed ki, azonban 1937-et ki kellett küszöbölni a fenológiai adatok hiánya miatt.

Hasonló folytonosság érvényes az éghajlati adatanyagra és a fenológiai adatokra. Ezeket *Holdefleiss* gyűjtötte össze *Müller* közreműködésével [8].

A munkálat első részletében az *I. táblázatban* szereplő fenológiai fázisok évenkénti bekövetkezési időpontjait szembeállítottuk az illető napon fennálló hőmérséklettel és meghatároztuk a hőmérsékletnek a bekövetkezési fázisra vonatkozó járását.

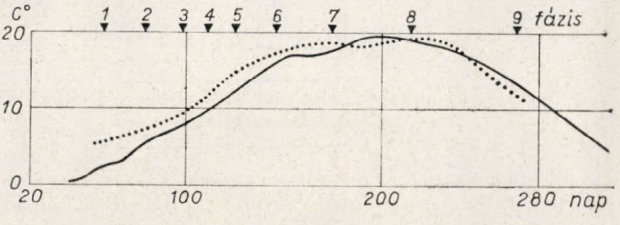
I. TÁBLÁZAT

A hőmérséklet fenológiai évi járásának felvázolásához alkalmazott fenológiai fázisok

1. Hóvirág, első virágzás
2. Som, első virágzás
3. Sárga nárcisz, első virágzás
4. Édes cseresznye, első virágzás
5. Fehér liliom, első virágzás
6. Orgona, első virágzás
7. Őszi rozs, első virágzás
8. Őszi rozs, aratás
9. Vadgesztenye, lombelszíneződés

Ha ezt a hőmérsékletjárást hozzárendeljük az illető fázis közepes bekövetkezési időpontjához, akkor összehasonlítást tehetünk a naptári napokra vonatkozó, szokásos sokévi átlaggal. Például a hóvirág virágzásának kezdete számára a hőmérséklet naptári átlaga a közepes bekövetkezési időpontra 2,5 fokot szolgáltat. Azonban ezen fázis zérusnapjának középhőmérséklete 5,6 fok, vagyis kereken 3 fokkal magasabb, mint ami a megfelelő naptári átlagnak megfelel. Megtehetjük tehát, hogy a hőmérséklet naptár szerinti közepes évi járásához hozzárendeljük a fenológiai évi járás bizonyos alakját.

Az erősen vázlatosított *1. ábra* felvilágosít a kétféle évi járás eltérő voltáról. Ez az eltérés a télutó folyamán kereken +3 fokot tesz ki, nyáron 0 fokra csökken és ősszel, a lombelszíneződés és a lombhullás idején negatív értékeket vesz fel. A hőmérséklet évi járásának ez a fitológiailag előidézett módosulása



1. ábra: A léghőmérséklet közepes évi járása Halle-ban, sematizálva, az 1900—1949 időszakban (folytonos vonal) és a fenológiai fázisok beállásának napján fennálló napi középhőmérséklet alapján megbecsült fenológiai évi járás (pontozva). A fenológiai fázisok az I. táblázat szerint

nyilvánvalóvá teszi, a terméshozam-modellek kidolgozásánál arra kellene törekedni, hogy a meteorológiai adatokat hozzárendeljük a megvizsgált növény megállapítható fejlődési fokozataihoz.

Ezt a követelményt azoknak a mezőgazdasági haszonnövényeknek az esetében aránylag könnyen lehet teljesíteni, amelyek, mint például a tavaszi gabonák, jól definiálható fejlődési fokozatokat futnak be. Azonban már az őszi gabonánál a téli időszak számára nehézségek mutatkoznak és az olyan kultúráknál, mint például a répa, ez a követelmény gyakorlatilag teljesíthetetlennek tűnik. Megkísérelhetjük, hogy más fenológiai adatokra térünk át, mert hiszen abból indulhatunk ki, hogy a növények nagy általánosságban egyformán reagálnak az időjárás alakulására. A fenológia lehetőséget nyújt arra, hogy minden esztendőnek a tenyészidőszakát fitológiailag definiált szakaszokra bonthassuk fel, és az ily módon definiált szakaszokat tehessük alapjává a meteorológiai terméshozamelemzésnek. Az őszi rozs hozamának ezen elemzéséhez az *I. táblázat*ban megadott első fázist használtuk fel, kiegészítve egy fázissal: az őszi rozs kalászainak megjelenésével.

Korrelációszámítás segítségével olyan hőmérséklet- és csapadék-időszako-

II. TÁBLÁZAT

Az őszi rozs hozama és a meteorológiai paraméterek közötti nagy korrelációs együtthatójú időszakok

Fenológiai fázis / Biztonsági mérték						
Hóvirág	Virágzás	t_n 2.0	t_x 4.0	$\bar{t}$ 14.0	$\bar{t}$ 1.0	$\bar{t}$ 8.0
B:	0.27	−9/+3	−11/−6	+19/+24	−11/−5	+10/+23
Som	Virágzás	$\bar{t}$ 12.0				
B:	0.30	+7/+14				
Sága nárcisz	Virágzás	$\bar{t}$ 9.0	$\bar{t}$ 11.0	RR 3.0	RR 3.0	
B:	0.41	−15/−10	−16/−5	−21/−10	−6/−1	
Édes cseresznye	Virágzás	t_n 6.0	$\bar{t}$ 12.0			
B:	0.50	−3+11	−2/+6			
Fehér liliom	Virágzás	$\bar{t}$ 12.0				
	?	−14/−7				
Orgona	Virágzás	t_n 8.0	t_x 20.0	$\bar{t}$ 14.0		
B:	0.59	−10/−4	−13/−5	−14/−6		
Őszi rozs	1. kalász	RR 6.0	RR 3.0			
B:	0.63	−2/−7	+5/+23			
Őszi rozs	Virágzás	RR 3.0	RR 3.0			
B:	0.81	−17/−11	+5/+18			

A képletekben használt rövidítések: $\bar{t}$ = napi középhőmérséklet, t_n = a hőmérséklet napi minimuma, t_x = a hőmérséklet napi maximuma, RR = napi csapadékösszeg

kat kerestünk, amelyekben a terméshozammal erős és szignifikáns kapcsolat áll fenn.

Ily módon 20 időszakot találtunk, amelyek beépíthetők az

$$Y = a + \Sigma\ b_i\ x_i$$

alakú lineáris regressziós egyenletekből álló egyenletrendszerbe. A *II. táblázat*ban megtaláljuk az x értékeket. A számlálóban mindenkor az a meteorológiai mennyiség szerepel, amelynek gyakoriságát a nevezőben szereplő időszak alatt korrelációként használtuk fel a hozam kialakulásához. Az y hozam gyanánt azt az eltérést használtuk, amely egy hétéves átkaroló középképzésből előálló trendhez képest mutatkozik, aminek során a középértéket mindig a negyedik évnek tulajdonítottuk. Az évi hozamot mindenkor ezen középérték százalékaiban adtuk meg. A számítás ennélfogva az ezen közepes lefolyástól való eltéréseket szolgáltatja.

Minthogy a figyelembe vett 20 meteorológiai paraméternek nem kell okvetlenül egymástól függetlennek lennie, azért nem csodálkozhatunk azon, hogy a regressziós egyenletek felállításakor 11 ilyen időszak kiesett, mert ezeknek a hozzájárulását más, az egyenletekben visszamaradó tagok lefedik. Végül is azok az adatok maradnak csak fenn, amelyek a *II. táblázat*ban keretbe vannak foglalva. Eszerint a hóvirág virágzásának 4. napján végrehajthatunk egy első regressziós számítást $B = 0{,}27$ biztonsággal. Ez az első regressziós egyenlet két tagból áll. Az őszi rozs első kalászolásának időpontja után egy héttagú egyenlet $B = 0{,}63$ biztonsággal és 19 nappal az őszi rozs virágzásának kezdete után $B = 0{,}81$ érhető el egy 9 tagú egyenletből.

Sajnos, nagyon kevés olyan mezőgazdasági hozamsorozat van, mint az örök-rozzsal végzett kísérlet. Egynyári növények számára azonban már kevés esztendő leforgása alatt összehasonlításra alkalmas kiindulóanyagot lehet szerezni, ha a vetési idők kísérletének módszerét használjuk. Ezt megkezdjük olyan korán, amennyire csak lehet, az első vetéssel, amelyet azután előre megállapított időközökben követnek a további vetések. A bemutatandó vizsgálatokban 5 napos időközökben végeztük a vetéseket. Ezeket a vetési időpontokat úgy választottuk meg, hogy egybeessenek az éghajlati szogálatban használatos pentádokkal. Ilyen szabadtéri kísérletek esetében figyelembe kell venni a szabadtéri kísérletezés módszereinek elveit. Négyszeri ismétléssel dolgoztunk és minden egyes alkalommal 1000 magot vetettünk el 1 cm-es távolságban, két sorra szétosztva. Jobbra és balra ettől a két egyforma hosszúságú sortól ugyanolyan állománysűrűséggel volt még egy-egy vaksor is a legközelebbi vetés számára. Egyébként a sorvégeket meghosszabbítottuk; itt voltak azok a növények, amelyeken fenometriai számlálásokat hajtottunk végre. A hozammeghatározásra szolgáló sorokba telepített növényeket a növekedésük folyamán nem érintettük. A fenológiai megfigyelések a *Feekes*-féle skála szerint történtek. A *III. táblázat*ban bemutatjuk a megállapított fenológiai fázisokat.

III. TÁBLÁZAT

A vetésidő-kísérletben figyelembe vett fenológiai fázisok (Feekes-féle skála)

A fázis jele	A fázis jellemzése	A fázis jele	A fázis jellemzése
S_0	Vetés	S_{10}	Kalászhányás
S_1	Első levél kialakulása	$S_{10,5}$	Virágzás
S_2	A 3. és 4. levél kifejlődése	$S_{11,1}$	A mag tejesérése
S_3	Bokrosodás	$S_{11,2}$	A mag sárgaérése
S_7	A második tőcsomó kialakulása	$S_{11,4}$	Aratás

A kísérleteket tavaszi búzával (1963 és 1965), valamint tavaszi árpával (1966) végeztük. A korrelációszámítást ugyanolyan módon hajtottuk végre, amilyent az őszi rozs esetében leírtunk. A tavaszi búza számára többszörös lineáris regressziót kaptunk, amelynek biztonsági értéke $B = 0{,}9$, amelyet szintén át lehet alakítani regressziós egyenletekből álló egyenletrendszerré is. A *T. Günther* [5] által kapott eredmények, amelyek a tavaszi árpa kísérletből származnak, hasonlóképpen írhatók le.

A vetésiidő-kísérletnek megfelelő vizsgálatok megtervezésében és végrehajtásában olyankor lehet hasznos eredményekre számítani, amikor a meteorológiai vonatkozásokat a mezőgazdasági kérdésekkel egyenértékűen kezeljük. A meteorológus szerepe nem korlátozódhat csak arra, hogy ő szállítja az adatokat. Figyelembe kell venni azt is, hogy amikor ilyen pontszerű vizsgálatok eredményét egy felületre extrapoláljuk, akkor a meteorológiai adatok rendszerint csak a meteorológiai megfigyelőhálózatból állnak rendelkezésre. Ezen túlmenő követelmények, például állományklíma-megfigyelések esetében, nagy a technikai, személyzeti és anyagi ráfordítás, s ezt nagyon gondosan kell gazdaságilag előirányozni. Ezért a vizsgálatokat úgy kell tervezni, hogy a gyakorlati munka számára ne legyen szükség további kiadásokra a meteorológiai adatok megszerzése miatt.

Végül pedig nem lehet eléggé hangsúlyozni, hogy a meteorológiai elemek puszta megmérésével még semmit sem értünk el. A mérések számértékeit további felhasználásuk előtt tudományos-technikai alapon, kellő szakértelem birtokában, felül kell vizsgálni, mielőtt szó lehetne arról, hogy a mezőgazdasággal való határterületen felhasználásra kerüljenek. Ezzel adva van annak szükségessége, hogy a meteorológus és a mezőgazda között egyenjogú együttműködés jöjjön létre.

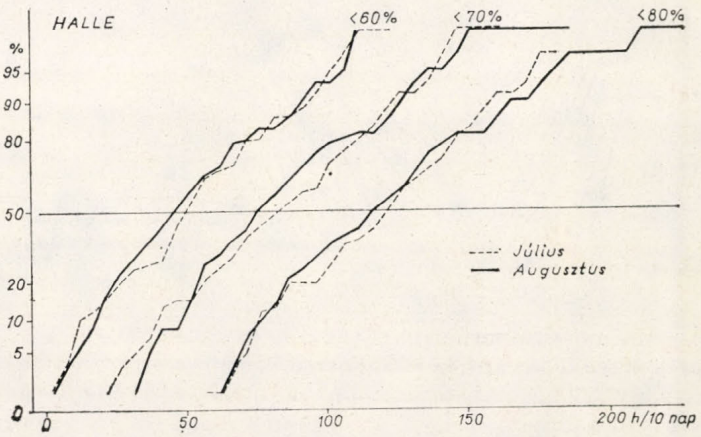
Arató-cséplő gép alkalmazásának meteorológiai kockázata

A második példa az arató-cséplő gép alkalmazásának meteorológiai kockázatával foglalkozik. Már utaltunk ezen kockázat becslésének népgazdasági jelentőségére. Ezen vizsgálatoknál arról volt szó, hogy az éghajlati középértékeket feloldjuk és a gyakorisági megoszlások alkalmazása útján az éghajlati adatok információtartalmát megnöveljük.

Az arató-cséplő gép alkalmazásának kritériuma a magvak víztartalma a lábon álló gabonában.

Ha a gabona érési folyamata kellőleg előrehaladott, akkor ez a víztartalom nagymértékben a gabonakalászok megnedvesítésének és kiszáradásának a függvénye [13]. Ez a folyamat kielégítő közelítéssel úgy írható le, mint egy egyensúlyi állapot a gabonamag víztartalma és a légnedvesség között. Az arató-cséplő gépek szakemberei 16 és 20% közti magvíztartalom esetén 70% légnedvességet emlegetnek és azt a követelményt támasztják, hogy (gazdasági okok miatt) legalább 3 órán keresztül ennél kisebb értékek álljanak fenn. Ez a megállapítás az 1960 körüli terméshozamokra vonatkozott. Időközben a gépek tovább fejlődtek és ma már az a helyzet, hogy a gabona ennél nagyobb víztartalom esetén is aratható. Vagyis a relatív nedvesség megengedhető határértékei nagasabb értékek felé tolódnak el. Ezért helyesen tesszük, ha kétféle határértékkel dolgozunk. A további meggondolásaink számára 70%-ot és 80%-ot választunk. Ha a határértékekre kapott számértékeket lineárisan interpoláljuk, akkor a szükséges adatokat a légnedvesség két határértéke közé eső értékek számára kellő pontossággal számíthatjuk ki.

A 70%-os határérték alapján egy öt évre terjedő adatanyagból először is megállapítottuk az őszi árpa aratásának kezdetétől az őszi búza aratását követő tizedik napig terjedő időszakra azoknak az óráknak a számát, amikor a légnedvesség nem érte el a 70%-ot. Ezt az időszakot később 10 nappal meghosszabbítottuk, így tehát 20 nappal az őszi búza aratásának kezdete után végződik. Ezen adatokból az NDK területére készített térkép a sík területeken 400 órás különbséget mutat az NDK korai aratású területein és 200 órás különbséget a Keleti-tenger közvetlen hatása alatt álló területen [8]. Jóllehet a használt határérték növekedésével a határértéknél alacsonyabb légnedvességű órák száma megnövekedik, még sem lehet arra számítani, hogy ezen órák arányszáma a 2:1 értéktől lényegesen eltérjen.

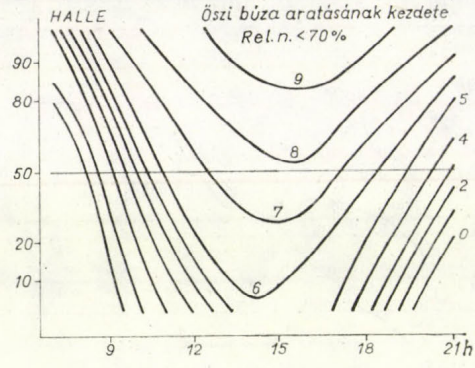


2. ábra: A relatív nedvesség adott határértékeinél alacsonyabb nedvességű órák számának összegezése július és augusztus dekádjai számára Halleban, 1954–1973 időszakra

Hogy betekintést nyerjünk a relatív nedvesség szórásának mértékébe, Halle-Kröllwitz állomás 20 évi (1954–1973) anyagából rendre meghatároztuk a 60, 70 és 80%-nál kisebb relatív nedvességű órák számát [11]. A *2. ábrán* bemutatjuk a július és augusztusra vonatkozó összefoglalást azon az alapon, hogy dekádkiszámlálást végeztünk valószínűségi papíron. Először is felismerhető, hogy a megoszlások a két hónapban gyakorlatilag megegyeznek egymással. Ha a szignifikáns különbségek szempontjából statisztikai ellenőrzést végeznénk, akkor minden valószínűség szerint negatív eredményt kapnánk. Nyilvánvaló az is, hogy a légnedvességi határértékek közti számítások lineáris interpolálása a ± tartományban, vagyis az összes eseteknek kereken 70 százalékában megengedhető. Ezekből a gyakorisági eloszlásokból nemcsak a mediánértékek vehetők ki (amelyek nem egyeznek meg a középértékekkel). Ezek a gyakorisági összeggörbék ugyanis arra vonatkozó becslést is lehetővé tesznek, hogy legalább hány olyan óra fordul elő, amelyben a nedvesség 66 $^2/_3$% alá esik (egyszer 3 évenként), 50% alá esik (medián: egyszer 2 évenként) vagy 33 1/3% alá esik (2-szer 3 évenként).

Ezeket a vizsgálatokat kiegészítettük a nap órái szerinti vizsgálattal. A *3. ábra* ilyen diagramot mutat be az őszi búza aratásának kezdetétől számított első dekádra, Halléra vonatkozólag. A nap minden órájához függőlegesen hozzárendeltük a gyakorisági számítás eredményét, amelyet a következőképpen kaptunk meg: minden egyes évre megállapítottuk, hányszor fordult elő az illető órában a megadott 10 napos időszak alatt az, hogy a relatív nedvesség 70%-nál kisebb volt. Ily módon 11 osztályt kaptunk, amelyek 0-tól kezdődnek

(az illető év szóbanforgó dekádjában egyik napon sem volt a kérdéses órában 70% alatti nedvesség) és 10-ig terjednek (az illető év ezen 10 napjának mindegyike szárazabb 70%-nál). Ez a gyakorisági eloszlás 20 tagból áll a kiválasztott évek számának megfelelően. Ez sok tekintetben gyümölcsöztethető. Ha például tudni óhajtjuk, hogy 10 nap alatt milyen gyakran fordul elő az, hogy legalább 6 napon lépjen fel 70%-os relatív nedvesség, akkor ehhez az 5. osztály határvonalát kell felhasználni. Minden, ami ezen vonal fölött fekszik, a „több mint 5 nap" kategóriába, azaz a legalább 6 nap kategóriába tartozik.



3. ábra: A 70%-os relatív nedvességnél kisebb nedvességek gyakorisági diagramja dekádonkénti napok számával megadva a nap egyes óráiban. Halle, 1954—1973; (első dekád az őszi búza aratásának kezdetétől)

Mármost fölvethetjük a további kérdést: a napnak melyik órája az, amelytől kezdve a kívánt körülmények beteljesednek az összes évek 66 $^2/_3$%-ában, 50 vagy 33 $^1/_3$%-ában? Erről a *IV. táblázat*unk nyújt felvilágosítást. Ez mind csak példaképpen szolgál. A föltételek minden más csoportosítását is kitűzhetjük magunknak.

A *IV. táblázat*ból kitűnik, hogy a követelmények szigorítása esetén (például, ha azt kötjük ki, hogy a határérték alatti relatív nedvesség 3 év közül nem 1, hanem 2 alkalommal következzék be) a gép használatára rendelkezésre álló időtartam csökken.

Ezeket a vizsgálatokat 3 éghajlati állomás számára (Halle, Neustrelitz és Gross-Lüsewitz), a nedvesség kétféle határértékére (70% és 80%) és 3 fenológiai időpontra (az őszi árpa, az őszi rozs és az őszi búza aratásának kezdete) hajtottuk végre. A 3 állomás összehasonlításából kitűnik, hogy Halle-ból kiindulólag Neustrelitzen keresztül egészen Gross-Lüsewitz-ig a naponkénti határérték alatti időtartam csökkenésével kell számolnunk; ha ezt Halle számára 100%-nak vesszük, akkor Neustrelitzben csak körülbelül 80% és Gross-Lüsewitzben 60—70% értékre kell számítanunk. Azt a célt, hogy az éghajlati

IV. TÁBLÁZAT

Határidőpontok és tartamok arra, hogy a relatív nedvesség 70%-nál kisebb legyen az őszi búza aratásának kezdetétől számított 10 napos időszakban azzal a kikötéssel, hogy e 10 napos időszakban a határértéket 6 napon át ne érjük el Halle-ban

Az évek gyakorisága	ami megfelel a következőnek	Kezdete	Vége	Tartam
66 2/3%	3 évben 2-szer	10,45	18,25	8 óra 40 perc
50%	2 évben 1-szer	10,10	19,15	9 óra 5 perc
33 1/3%	3 évben 1-szer	9,40	20,10	10 óra 30 perc

középértékeket gyakorisági vizsgálatokkal kiegészítve információtartalmukat mezőgazdasági problémák megoldása szempontjából megnöveljük, ilyenformán elértnek nyilváníthatjuk.

Ezen két példa segítségével azt óhajtottuk megmutatni, hogy milyen segítséget nyújthat a meteorológia (különösképpen pedig annak egyik ága, az agrometeorológia) a mezőgazdaságnak, abban az esetben, ha a két fél különböző gondolkodásmódja és munkamódszere tekintetében a kölcsönös megértés nem csak plátói elgondolás marad, hanem reális gyakorlattá válik.

IRODALOM

[1] *Bourke, P. M. A.:* Potato blight and the weather (Burgonyavész és az időjárás). Meteor. Service, Technical Note No. 12, Dublin, 1953, terjedelme 11 old.

[2] *Bourke, P. M. A.:* The use of synoptic weather maps in potato blight epidemiology (A szinoptikus időjárási térképek felhasználása a burgonyavész járványtanában). Meteor. Service, Technical Note No. 23, Dublin 1957, terjedelme 35 old.

[3] *Bourke, P. M. A.:* Introduction: the aim of agrometeorology (Bevezetés: az agrometeorológia célja), megjelent a következő munkában: Agrometeorological methods (Agrometeorológiai módszerek), Proceedings of the Reading Symposium, UNESCO, natural resources research, VII., 1968., 11–15. old.

[4] *Everdingen, E. van:* Het vernabd tussen de weegerstadheid en de aardappalziekten (holland nyelven), Tijdschrift Plantenziekten, Wageningen, *32*, 1926, 129–140.

[5] *Günther, Th. – Van Thanh:* Untersuchungen zur meteorologischen Ertragsanalyse (Vizsgálatok a meteorológiai terméshozamemelés köréből), Abh. d. Met. Dienstes d. DDR, Nr. 114, XV., 1975, 5–57.

[6] *Ihne, E.:* Phänologische Mitteilungen (Fenológiai közlemények). Arbeiten der Landwirtschaftskammer Hessen és saját kiadás. 1–59. old., Darmstadt, 1883–1941.

[7] *Mäde, A.:* Agrarmeteorologische Forschungen in Sachsen-Anhalt (Agrometeorológiai kutatások Száz-Anhalt tartományban). Zeitschr. f. Met. *2*, 1948, 115–116.

[8] *Mäde, A.:* Bermerkungen zur Vereinfachung des phänologischen Meldeprograms (Megjegyzések a fenológiai jelentőprogram egyszerűsítéséhez), Ber. d. Dtschen Wetterdienstes in der US-Zone, Nr. 42 (Knoch tiszteletére kiadott füzet), Bad Kissingen, 1952, 110–114.

[9] *Mäde, A.:* Methodische Voruntersuchungen für eine Agrarklimatologie der DDR (Módszeres előtanulmányok az NDK agroklimatológiájához). Abh. d. Met. u. Hydrolog. Dienstes d. DDR, *46*, VI., 1958., terjedelme 39 old.

[10] *Mäde. A.:* Untersuchungen zur meteorologischen Ertragsanalyse (Vizsgálatok a meteorológiai terméshozamemeléshez), Zeitschr. f. Met., *25*, 1975, 6–16.

[11] *Mäde, A.:* Zur Statistik des Tagesganges der relativen Feuchtigkeit. Ein Beitrag zur Abschätzung des meteorologischen Risikos des Einsatzes von Mähdreschern. (A viszonylagos nedvesség napi járásának statisztikájához. Adalék az aratócséplőgépek bevezetésével járó meteorológiai kockázat megbecsléséhez). Zeitschr. f. Met., *27*, 1977, 55–60.

[12] *Mäde, A. – Schöne, V.:* Untersuchungen zur Geländeklimatologie des Gebietes Thurow (Vizsgálatok Thurow környékének terepklimatológiája köréből). Nyomdában levő kézirat.

[13] *Philips, P. R.:* Combine Harvester Operation (Aratókombájn üzemeltetése). Kéziratban.

[14] *Schmalfuss, K.:* Siebzig Jahre „Ewiger Roggenbau" (Az örök rozstermesztés hetven éve). Kühn-Archiv, *63*, 1950., 1–14.

[15] *Schnelle, F.:* Pflanzenphänologie (Növényfenológia), Leipzig, 1955, terjedelme 299 old.

[16] *Ulanova, E. St.:* Metodü agrometeorologicseszkih prognozov (Az agrometeorológiai prognózisok módszerei). Leningrad, Gidrometeoizat, 1959.

[17] *Wilamowitz-Moellendorff, T. – Schumann, A.:* Zur Problematik der agrarmeteorologischen Beratung (Az agrometeorológiai tanácsadás problematikájához). Abh. d. Met. Dienstes d. DDR, Nr. 116, XV, terjedelme 80 old.

[18] WMO. Commission for Agricultural Meteorology: Abridged Final Report of the First Session, Paris, nov. 1953 (Rövidített zárójelentés az első ülésszakról, Párizs, 1953. nov.) WMO No. 27, RP 12.

[19] WMO. Commission for Agricultural Meteorology: Abridged Final Report of the VI. Session, Washington, 14–25. Oct. 1974 (Rövidített zárójelentés a VI. ülésszakról, Washington, 1974. okt. 14–25), WMO No. 402, Genf, 1975.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata, 82. évf. 2. szám. 1978. március – április
Journal of the Meteorological Service, Vol. 82 No 2. March – April 1978 Budapest

Az éghajlati erőforrás és mezőgazdasági jelentősége

ANTAL EMÁNUEL, *Központi Légkörfizikai Intézet, Budapest*

The Climatic Potential and its Role in Agriculture. The concept of climatic potential and its mathematical definition are discussed. *The total agricultural climatic potential* of a given site is regarded as the junction of the partial climatic potentials relative to radiation-, heat- and water supply. The partial potential characterizing the water supply of plants is regarded as the relation of the actual evapotranspiration to the potential and optimum evapotranspiration, respectively. This factor is given for alfalfa, maize, potatoes and for the natural vegetation, on the basis of the data set of 54 Hungarian climatological stations for the period 1901 – 1950, while its changes in time are analyzed using the 70-year data set of 3 stations. For combining the partial potentials and for demonstrating the relationship between the yield and the climatic potential, a possible model is proposed. Finally, the possibilities and tendencies are referred to, which can, in the future, lead to changes of the climatic potentials and, as a result, to those of the structure of agricultural production in Hungary, either in consequence of natural climatic fluctuations, or due to the activities of man.

✳

Климатический потенциал и его значение в сельском хозяйстве. Обсуждается понятие о климатическом потенциале и дается его математическая формулировка. *Суммарный климатический сельскохозяйственный потенциал* некоторого производственного места рассматривается как совокупность *частных климатических потенциалов*, связанных с оснащенностью радиацией, теплом и водой. Частным потенциалом, характерным для водоснабжения растений, считается отношение эффективного суммарного испарения соответственно к потенциальному и оптимальному. Эта характеристика приводится для люцерны, кукурузы, картофеля и для естественной вегетации, по данным 54 климатических станций Венгрии за 1901—1950 гг., а изменения ее во времени анализируются с использованием 70-летнего ряда данных 1901—1970 гг. для 3 станций. Для объединения частных потенциалов, для выявления связи урожайности с климатическим потенциалом, приводится возможная модель. В заключение автор указывает на возможность и тенденции, которые в будущем могут привести к изменению климатического потенциала и тем самым структуры растениеводства в Венгрии, либо в связи с естественными колебаниями климата, либо на антропогенные воздействия.

✳

A szántóföldi és kertészeti kultúrák terméshozamát még a korszerű mezőgazdasági termesztési rendszerekben is döntő mértékben szabályozza az időjárás. A komplex termesztési rendszerek igen magas költségszintet igényelnek, s feltételezik a termelési befektetések optimális visszatérülését. Ez csakis akkor valósulhat meg, ha minden termesztési tényező (technológiai, biológiai, természeti) kedvező szintre hozható. A technológiai feltételek biztosítottak a

korszerű mezőgazdasági üzemben, sőt többé-kevésbé a biológiaiak is, a legintenzívebb fajták megválasztásával. Minthogy ezek a feltételek évről évre tökéletesednek, a terméshozamok is növekednek, bár nem olyan gyors ütemben, mint amilyen mértékben növekszik a világ élelmiszer szükséglete (*Colls*, 1975, *United Nations*, 1975, *Antal*, 1976). A fejlődésnek határt szab a *természeti erőforrás*, nevezetesen a *talajadottság* (talajfajta, talajszerkezet, lejtési viszonyok stb.) és a termőhely *időjárási-éghajlati rendszere*.

Hazánkban a terméshozamokat legfőképpen a csapadékellátottság szabályozza. Esetenként és növényfajonként azonban számottevő hatása lehet a hőellátottságnak is. Az időjárási tényezők közül nagymértékű károkat okoz a fagy, a jégeső és a szélvihar. Közvetett úton számottevő lehet a mezőgazdasági munkákat akadályozó időjárási helyzetek (mint pl. a talajelőkészítést, növényvédelmet, betakarítást akadályozó csapadékos periódus) hatása is. Mindezek alapján érthető, hogy a mezőgazdaság fokozott igényt támaszt a meteorológiai információk iránt (*Smith*, 1962).

A növénytermesztésnek nyújtandó meteorológiai szolgáltatások fejlesztése föltételezi az időjárási tényezők és a növény fejlődése közötti összefüggések ismeretét. A terméshozamokat már a korábbi évtizedekben is összekapcsolták a meteorológiai tényezőkkel, a kidolgozott egyenletek azonban rendszerint egyszerűek (többnyire lineárisak) és egy-két elemesek voltak. Ezekkel az eljárásokkal esetenként elfogadható pontosságú termésbecslések érhetők el. Nem alkalmasak azonban az egyes fejlődési fázisok (pl. az érés) várható időpontjának előrejelzésére vagy pl. a potenciális terméshozamok becslésére. Az egyszerű összefüggések helyett ma már inkább a komplexebb modelleket, az elemek helyett pedig az időjárás és éghajlat hatását összetettebben jellemző energiarendszert: a hőellátottságot, a vízellátottságot, az *időjárási és éghajlati potenciált* tükröző paramétereket alkalmazzák a mezőgazdaság meteorológiai információkkal történő ellátása során (*Antal*, 1975).

Az „*éghajlati erőforrás*" vagy ami ezzel egyenértékű, „*éghajlati potenciál*" rendkívül összetett. Tartalmazza mindazt a légköri energiafolyamatot, ill. energiamennyiséget, amit az ember az adott helyen a maga javára fordíthat, vagyis a sugárzás-, hő és vízellátottságot, valamint a légáramlást. Természetesen a növénytermesztő számára főként az első három jelenti a fő természeti erőforrást.

Az éghajlati potenciál mennyiségi meghatározására nincs általánosan elfogadott eljárás. Megfelelő modell kidolgozása azért okoz nehézséget, mert számszerű értékét több meteorológiai tényező bonyolult rendszere definiálja. Növénytermesztési szempontból a beérkező sugárzás (főleg a fotoszintétikusan aktív tartomány), a megvilágítás időtartama és erőssége, a hőellátottság valamelyik jellemzője, a légnedvesség, a csapadék, a párolgás, a tenyészidőszak hossza, mind együttesen képezi a termőhely éghajlati potenciálját.

Az éghajlati potenciált maradéktalanul összefogó modell megalkotása egyelőre még várat magára, mert kidolgozása számos nehézségbe ütközik, pl. a növény a fejlődése különböző szakaszában más-más időjárási tényezőre érzékeny, így a hatótényezőket nem egyetlen számadat formájában, hanem optimum görbéket leíró összefüggések alakjában kellene a modellbe beépíteni. A növény ugyanis a meteorológiai tényezők ún. optimum tartományaiban fejlődik legkedvezőbben. Az ezen kívüli alacsonyabb és magasabb értékek hátráltatják mind a növekedést, mind a fejlődést.

Hazánkban a meteorológiai tényezők közül leginkább a csapadékellátottság korlátozza a terméshozamokat, de egyúttal ez szabja meg a várható ter-

més felső határát is. A kevés csapadék nagymértékben lerontja az éghajlati potenciál értékét. Szerencsére az éghajlati erőforrás összértéke növelhető, ha a hiányzó vizet valamilyen módon pótoljuk. Erre legkézzelfoghatóbb eljárás az öntözés, de közvetett utak is járhatók. Ilyen lehet többek között a területre lehullott csapadék ott-tartása, a lefolyás korlátozása, az evaporáció és a transpiráció csökkentése. A biológiai eljárások közül pedig hatékony módszer a kisebb vízigényű fajták előállítása. Megjegyezzük, hogy a belvizek levezetésével, ill. a lefolyást meggyorsító egyéb hidro- és agrotechnikai eljárásokkal (meliorációs munkákkal), vagyis az adott pillanatban fölöslegesnek tűnő csapadékvíz levezetésével nagymértékben lerontható az éghajlati potenciál egyébként kedvező számértéke!

Az egyes növényfajták évenkénti termését és a terméshozam felső határát a műtrágya mennyiségén (*Antal—Posza—Tóth*, 1975), valamint az öntöző-víz-szükségleten túl (*Antal—Posza—Tóth*, 1974) az éghajlati potenciál döntően befolyásolja. A terméshozam lehetséges értékeinek vizsgálatához tehát ennek számszerű értékeit kell ismernünk. *Korábbi definíciónk szerint az éghajlati erőforrást egy adott felszíntípuson (talaj, víz, növényállomány stb.) az ott lejátszódó energiafolyamatok átlagaként tekintjük, beleértve annak szélsőségeit, időbeli változását és változékonyságát is* (*Antal*, 1975a). Növénytermesztési szempontból három olyan energiarendszert (sugárzás, hő, és vízforgalom) említhetünk, amelyek mélyrehatóan kihatnak a terméshozam alakulására. A mezőgazdasági termőhely éghajlati erőforrását tehát három részpotenciállal elegendő pontossággal leírhatjuk a következő általános formában:

$$CP_M = f(CP_R, CP_Q, CP_W), \tag{1}$$

ahol CP_M az éghajlati potenciál mezőgazdaságilag értékesíthető része;
CP_R a potenciál sugárzási összetevője;
CP_Q a potenciál hőháztartási összetevője;
CP_W a potenciál csapadékellátottsági (nedvesség) összetevője.

Ha a növényállomány energiaellátottságának három összetevőjeként annak sugárzási egyenlegét (*R*), hőforgalmát (*Q*) és a vízellátottságát leginkább jellemző tényleges evapotranspirációt (*ET*) választjuk, akkor a részpotenciálokat jól jellemezhetjük ezek relatív értékeivel, azaz

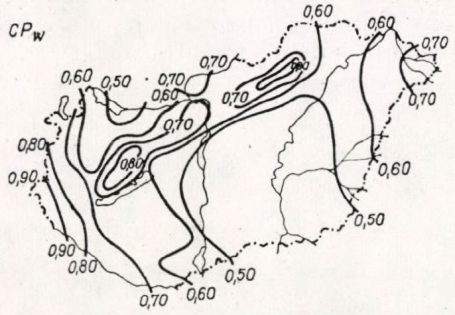
$$CP_R = \frac{R}{R_{pot}} \tag{2}$$

$$CP_Q = \frac{Q}{Q_{pot}} \tag{3}$$

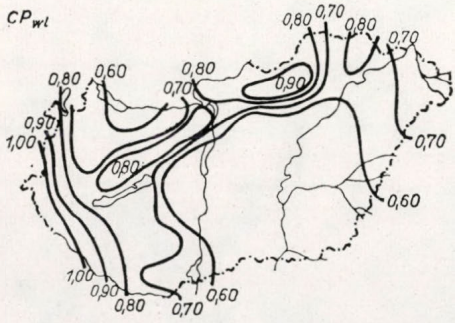
$$CP_W = \frac{ET}{PE} \tag{4}$$

A mezőgazdaság számára tehát külön elemezhetjük a sugárzás-, a hő- és a vízellátottság tér- és időbeli eloszlását. Mint említettük, a mezőgazdasági termőhelyeink legkritikusabb természeti erőforrása a csapadékellátottság, ezért itt a vízellátottság kérdését tekintjük át.

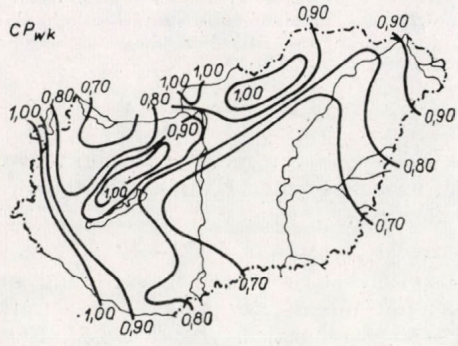
A növényállomány vízfogyasztásának felső határa a potenciális evapotranspitáció *(PE)*, ami folyamatosan akkor állna fenn, ha a gyökérzóna állandóan vízkapacitásáig lenne telítve. Ezen állapot folyamatos fennállását a növény az optimális fejlődéséhez nem igényli. Az évek többségében viszont a természetes csapadék nem elégíti ki a növényállomány vízigényét, ezért a



1. *ábra:* A növényállomány természetes vízellátottságát jellemző éghajlati részpotenciál területi eloszlása 54 klímaállomás adatai alapján (1901 – 1950. IV – IX.)



2. *ábra:* A lucerna vízigényének kielégítettségét jellemző éghajlati részpotenciál területi megoszlása 54 klímaállomás adatai alapján (1901 – 1950. IV – IX.)



3. *ábra:* A kukorica és burgonya vízigényének kielégítettségét jellemző éghajlati részpotenciál területi eloszlása 54 klímaállomás adatai alapján (1901 – 1950. IV – IX.)

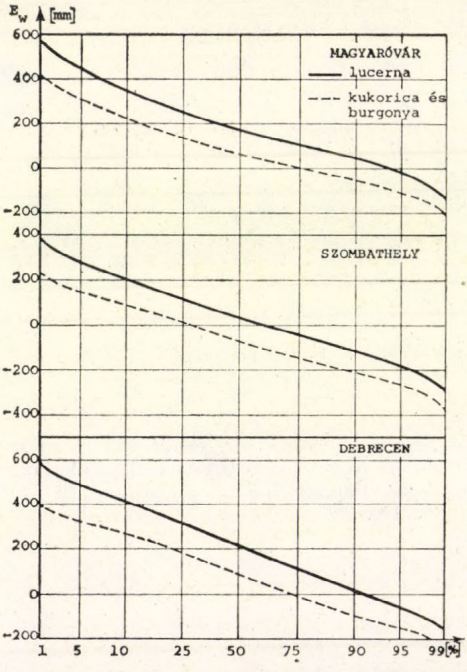
párolgás alatta marad mind a potenciális, mind az optimális (ET_{opt}) értéknek. A Kárpát-medencében tehát fennáll az alábbi egyenlőtlenség

$$PE \leq ET_{opt} \leq ET. \tag{5}$$

Míg az PE/ET a termőhely csapadékellátottságára, addig az ET/ET_{opt} az adott növényállomány vízigényének kielégítettségére utal. Amikor az arány számszerűleg megközelíti az egységet, akkor a növény vízfogyasztása optimális, s az éghajlati potenciál nagyságát ez esetben csak a sugárzás és hőellátottság befolyásolja. Ha a (4)-es formula 0 körüli értékeket ad, a növény vízigénye

nincs kielégítve, vagyis az ő számára az éghajlati potenciál kicsi, még jó sugárzás- és hőellátottság esetén is, s ezzel együtt a terméshozam is csökkentett mértékű (ilyen eset fordulhat elő pl.: déli lejtőkön, ahol igen jó a hőellátottság, ám a kevés csapadék, vagy a túl intenzív lefolyás következtében nem kielégítő a vízellátottság.

Az *ET/PE* arány számszerű értékeivel, gyakorisági és térbeli eloszlásával (*1.ábra*) szemléletesen utalhatunk a növény fejlődési lehetőségeire, a szántóföld kihasználhatósági fokára és a termesztési potenciálra. Hasonló termé-



4.ábra: A lucerna, kukorica és burgonya éghajlati vízhiányának empirikus eloszlásfüggvénye különböző termesztési körzeteken (190 1 – 1970. IV – IX.)

szetű éghajlati adatok jól hasznosíthatók a hosszú távú mezőgazdasági tervek elkészítéséhez, az öntözési tervezésekhez, az aszály mértékének jellemzésére, a konzervipari termeltetés megszervezéséhez stb.

A Szarvasi Agrometeorológiai Obszervatóriumban 1963 – 1968 között végzett kísérletek alapján a levezetett összefüggésekkel *(Antal, 1968)* Magyarország 54 klimaállomására számítottuk ki a potenciális, az optimális és a tényleges evapotranspiráció értékeit az 1901 – 50-es időszakra *(Antal, 1975)*. Ezek ismeretében meghatároztuk néhány mezőgazdasági kultúra éghajlati részpotenciálját a vízellátottság (csapadékellátottság) jellemzésére *(2. és 3. ábra)*.

Az *I. táblázatban* közölt adatok szerint a lucerna maximális terméseredményének biztosításához (a jelenlegi agrotechnikai eljárást, ill. termesztéstechnológiát föltételezve) az Alföld középső és déli részén közel 300 mm többlet csapadékra (ill. öntözéses vízutánpótlásra $É_W$) lenne szükség ahhoz, hogy az állomány a rendelkezésére álló éghajlati erőforrást teljes mértékben felhasználhassa. A jobb csapadékellátottságú Nyugat-Dunántúlon azonban a 100 mm-t sem éri el a vízhiány. Burgonya és kukorica esetén 100 – 150 mm körüli többletvízre van szükség az éghajlati potenciál adta lehetőségek kihasználásához az

I. TÁBLÁZAT

A lucerna, kukorica és burgonya vízigénye (ET_{opt}), tényleges vízfogyasztása (ET) és éghajlati vízhiánya ($É_W$) 50 évi (1901—1950) átlagban

Állomás neve	LUECRNA			BURGONYA			KUKORICA		
	ET_{opt}	ET	$É_W$	ET_{opt}	ET	$É_W$	ET_{opt}	ET	$É_W$
Baja Kertészet	639	392	247	442	344	98	432	313	119
Balatonszemes	620	377	243	433	327	106	421	309	112
Bánhida	570	370	200	398	321	77	385	302	83
Békéscsaba	670	383	287	460	338	122	458	306	152
Budapest OMI	683	384	299	477	340	137	460	310	150
Debrecen-Pallag	569	379	190	396	332	64	380	316	64
Eger	582	390	192	409	344	65	396	324	72
Esztergom	660	375	285	461	329	132	443	309	134
Farkasgyepü	514	465	49	353	407	0	348	376	0
Fügöd	510	378	132	352	327	25	343	313	30
Gödöllő	557	361	196	391	318	73	378	294	84
Győr Reptér	590	355	235	411	310	101	400	291	109
Győrszentmárton	617	382	235	427	329	98	419	312	107
Homokszentgyörgy	555	438	117	390	386	4	378	347	31
Iregszemcse	569	385	184	399	336	63	388	310	78
Kalocsa O bsz.	687	375	312	478	328	150	467	302	165
Kecskemét-Kisfái	664	328	336	467	285	182	453	253	200
Keszthely	632	440	192	438	381	57	423	363	60
Kiskunfélegyháza	698	360	338	484	316	168	476	291	186
Kisújszállás	660	375	285	452	330	122	445	309	136
Kisvárda	550	389	161	384	339	45	367	324	43
Kompolt	629	367	262	439	325	114	428	305	123
Kunszentmiklós	645	370	275	451	315	136	437	287	150
Lengyel	623	474	149	435	404	31	420	375	45
Lőrinci	596	369	227	419	327	92	408	304	104
Magyaróvári Mg. Akad.	557	377	180	387	329	58	377	313	64
Martonvásár	645	358	287	452	317	135	441	291	150
Mezőhegyes	675	383	292	465	334	131	464	314	150
Miskolc Győri Kapu	563	391	172	388	344	44	377	331	46
Monor	646	354	292	453	315	138	439	292	147
Nagykanizsa	556	461	95	389	395	0	374	360	14
Nyíregyháza	567	398	169	397	340	57	381	326	55
Orosháza	681	359	322	472	315	157	463	291	172
Pápa Gimnázium	638	435	203	439	374	65	429	351	78
Parád	500	408	92	345	364	0	335	337	0
Pécs Egyetem	705	413	292	489	360	129	481	326	155
Putnok	490	387	103	341	340	1	328	327	1
Salgótarján	580	394	186	408	346	62	393	326	67
Sárospatak	612	386	226	429	347	82	410	330	80
Siklós	604	422	182	420	371	49	411	338	73
Siófok	577	381	196	407	332	75	393	312	81
Sopron Egyetem	545	437	108	381	384	0	368	367	1
Sopronhorpács	561	401	160	392	350	42	383	334	49
Szarvas-Bikazug	650	337	313	454	297	157	447	273	174
Szeged Egyetem	739	386	353	514	341	173	498	314	184
Szentgotthárd	459	486	0	324	421	0	310	407	0
Szombathely Vízmű	507	444	63	352	377	0	344	370	0
Tarcal	614	399	215	429	348	81	415	334	81
Tihany	589	395	194	410	344	66	400	327	73
Tiszaörs	625	357	268	441	318	123	429	297	132
Túrkeve	670	367	303	467	323	144	452	301	151
Veszprém Vill. mű	574	370	204	398	326	72	389	309	80
Zalaegerszeg	561	463	98	393	419	0	376	381	0
Zirc	481	405	76	336	360	0	327	329	0

Alföldön, míg a dombvidékeinken és az ország nyugati övezetében 50 mm alatt marad 50 év átlagában a csapadékhiány.

A táblázatban közölt *50 évi átlagos értékek* azonban száraz esztendőkben megduplázódnak, míg hűvös, csapadékos tenyészidőszakokban nincs vízhiány, sőt esetenként vízfölösleg keletkezik.

II. TÁBLÁZAT

A csapadékellátottságot jellemző éghajlati részpotenciál számértékei Magyarországon három kultúrnövényre és természetes vegetációra vonatkoztatva (1901–1950)

Állomás neve	Éghajlati részpotenciál (CP_w)				Állomás neve	Éghajlati részpotenciál (CP_w)			
	lucernára	burgonyára	kukoricára	természetes vegetációra		lucernára	burgonyára	kukoricára	természetes vegetációra
Baja	0,61	0,78	0,72	0,54	Mezőhegyes	0,57	0,72	0,67	0,52
Balatonkenese	0,61	0,76	0,73	0,54	Miskolc	0,69	0,89	0,87	0,60
Bánhida	0,65	0,81	0,78	0,58	Monor	0,55	0,70	0,66	0,51
Békéscsaba	0,57	0,73	0,67	0,53	Nagykanizsa	0,83	1,00	0,96	0,75
Budapest OMI	0,56	0,71	0,67	0,50	Nyíregyháza	0,70	0,86	0,85	0,61
Debrecen	0,67	0,84	0,83	0,59	Orosháza	0,53	0,67	0,62	0,47
Eger	0,67	0,84	0,82	0,59	Pápa	0,68	0,85	0,81	0,59
Esztergom	0,57	0,71	0,70	0,49	Parád	0,82	1,00	1,00	0,72
Farkasgyepü	0,90	1,00	1,00	0,84	Pécs	0,59	0,74	0,67	0,54
Fügöd	0,74	0,93	0,91	0,63	Putnok	0,79	1,00	1,00	0,69
Gödöllő	0,65	0,81	0,78	0,54	Salgótarján	0,68	0,85	0,82	0,59
Győr	0,60	0,75	0,73	0,54	Sárospatak	0,63	0,81	0,80	0,56
Győrszentmárton	0,62	0,77	0,74	0,58	Siklós	0,70	0,88	0,82	0,61
Homokszentgyörgy	0,79	0,99	0,92	0,75	Siófok	0,66	0,82	0,79	0,59
Iregszemcse	0,68	0,84	0,80	0,60	Sopron	0,80	1,00	1,00	0,71
Kalocsa	0,54	0,69	0,65	0,48	Sopronhorpács	0,71	0,89	0,87	0,63
Kecskemét	0,49	0,61	0,56	0,44	Szarvas	0,61	0,65	0,61	0,46
Keszthely	0,70	0,87	0,89	0,61	Szeged	0,52	0,66	0,63	0,45
Kiskunfélegyháza	0,52	0,65	0,61	0,45	Szentgotthárd	1,00	1,00	1,00	0,95
Kisújszállás	0,57	0,73	0,69	0,51	Szombathely	0,87	1,00	1,00	0,78
Kisvárda	0,71	0,88	0,88	0,64	Tarcal	0,64	0,81	0,80	0,56
Kompolt	0,58	0,74	0,71	0,50	Tihany	0,67	0,83	0,81	0,59
Kunszentmiklós	0,57	0,70	0,66	0,51	Tiszaörs	0,57	0,72	0,69	0,50
Lengyel	0,76	0,93	0,89	0,71	Túrkeve	0,50	0,69	0,66	0,48
Lőrinci	0,62	0,78	0,75	0,54	Veszprém	0,64	0,81	0,79	0,58
Magyaróvár	0,68	0,86	0,83	0,60	Zalaegerszeg	0,82	1,00	1,00	0,74
Martonvásár	0,55	0,70	0,66	0,50	Zirc	0,84	1,00	1,00	0,80

Az éghajlati részpotenciál vízellátottsági összetevőjének időbeli eloszlását, szóródását jól tükrözik a *4. ábrán* közölt empirikus eloszlásfüggvények, amelyek a lucerna, a kukorica és a burgonya éghajlati vízhiányát mutatják Debrecen, Magyaróvár és Szombathely térségében az 1901–1970. közötti időszak éghajlati adatai alapján.

Az empirikus eloszlásfüggvények arra mutatnak, hogy az éghajlati erőforrás a csapadékosabb területeinken nagyobb mértékben van kihasználva, mint a szárazságra hajló Alföldön. De jelenti egyúttal azt is, hogy jobb termesztéstechnológia bevezetése esetén az Alföldön nagyobb lehetőségek vannak a termés felső határának az emelésére. Ez elsősorban a mezőgazdasági vízgazdálkodás feladata. Első közelítésben az agrárszakembereknek arra kell töre-

kedniök, hogy a lehullott csapadékot a táblán megfogják, helyben tartsák, s azzal takarékosan gazdálkodjanak.

A *II. táblázat* három szántóföldi növényfajra és a természetes vegetációra vonatkoztatott vízellátottsági részpotenciált közli. Különösen érdekesek az utolsó oszlop adatai, amelyek a természetes csapadékellátottságú öntözetlen területekre számított részpotenciált mutatják be. A számértékekből kitűnik, hogy szárazgazdálkodás esetén a rendelkezésre álló éghajlati erőforrásokat milyen mértékben használják ki a mezőgazdasági üzemek. Az Alföld középső és déli részén a *0,44—0,54 azt jelenti, hogy az itt rendelkezésre álló éghajlati energia csak 44—54%-ban kerül kihasználásra öntözetlen növénytermesztés esetén.* Világos, hogy a korszerűbb termesztési rendszerekkel még számottevően növelhető a terméshozam abban az esetben, ha a vízellátást valamilyen eljárással (pl. öntözéssel, párolgáscsökkentéssel, csapadékmegőrzéssel, kis vízigényű fajták előállításával stb-vel) optimalizálják.

Az eddigiekben áttekintettük a termőhely éghajlati erőforrásának vízellátottsági összetevőjét. Az agrometeorológia további kutatási feladatai közé tartozik a (2)-es és a (3)-as összefüggés analitikai formában történő előállítása, majd a velük végrehajtandó számítások eredményeként az egyes mezőgazdasági kultúrák sugárzás- és hőellátottságának tér- és időbeli elemzése. Ezt követően kerülhet sor a mezőgazdasági termőhely éghajlati erőforrásának együttes értékelésére.

A három részpotenciál összekapcsolására az egyes komponensek összegezése tűnik kézzel foghatónak. Ez esetben azonban a nulla határeset csak mindhárom részpotenciál egyidejű zérussal való egyenlősége esetén állhat fönn. Tudjuk azonban, hogy a három energiarendszer közül (sugárzás, hő, víz) bármelyik is hiányzik, mezőgazdasági termelés nem létezik. Ezt a tényt az (1)-es formulának is tükröznie kell. Elfogadható megoldásnak a szorzási művelet kínálkozik. Az (1), (2), (3) és (4) összefüggés felhasználásával tehát felírhatjuk a következő kapcsolatot:

$$CP_{SM} = \left(\frac{R}{R_{pot}} \cdot \frac{Q}{Q_{pot}} \right) \cdot \frac{ET}{PE} , \qquad (6)$$

ahol CP_{SM} a mezőgazdasági termőhely összes éghajlati potenciálja.

Ha az összefüggést konkrét növényállományra vonatkoztatjuk, akkor a PE helyére az ET_{opt} helyettesítendő. Az első két komponens, azaz a növényállomány sugárzás- és hőellátottsága analitikus formában itt nem kerül kifejtésre. Megjegyezzük azonban, hogy közvetlen számítások esetén a számlálóba az adott növényállomány sugárzási egyenlege, ill. a levegő- és a talaj együttes hőforgalma kerül, a nevezőbe pedig ugyanezen tényezők éghajlatilag lehetséges értéke, ám pontosabb számítások esetén célszerűbb a szóbanforgó növény sugárzás- és hőigényét helyettesíteni.

További megfontolások szükségesek annak eldöntéséhez, hogy az éghajlati potenciál miként kapcsolható össze a terméshozammal, illetve az adott termőhelyen várható maximális értékkel, vagyis a felső határral. A kérdésre nehéz egyértelmű választ adni. Bizonyos irányelveket és lehetőségeket azonban megfogalmazhatunk.

Ismeretes, hogy a környezeti tényezőkön és a termesztéstechnológián kívül a fajta is befolyásolja a termés mennyiségét. Ma még szinte elképzelhetetlen, hogy az elkövetkező évtizedekben a növénynemesítők milyen tulaj-

donságú fajtákat tudnak előállítani. Az ez irányú főbb lehetőségeket talán a következőkben foglalhatnánk össze:

- újabb és újabb hibridek, amelyek a korábbiaknál intenzívebbek,
- a melléktermékek (szár, levél stb.) csökkenése a termés előnyére,
- levélorientált fajták a sugárzási energia hatékonyabb felhasználására,
- gazdaságosabb csapadékhasznosítású fajták stb.

Nem tévesztve szem elől e széles távlatokat, kiinduló pontként mégis csak a jelenlegi legjobb fajtát kényszerülünk alapul venni, optimális tápanyagellátást és termesztéstechnológiát feltételezve. Így a termés alakulását leíró modellben az időjárási és éghajlati tényezőket tekintjük változónak, nevezetesen a sok faktort összefogó éghajlati potenciált. Amennyiben a modellt sikerül olyan szerkezeti formában megfogalmazni, hogy a növény számára optimális éghajlati potenciálokhoz maximális terméseredmények, ill. a kedvezőtlen alsó és felső tartományok értékeihez alacsonyabb terméseredmények tartozzanak, úgy a terméshozam felső határának becslése egyszerű inflexiós pont keresésére vezethető vissza. A matematikában számos olyan függvény ismeretes, amely e föltételeknek eleget tud tenni.

A megközelítés két különböző módon is lehetséges. Ha ugyanis a növény által termelt szárazanyagot az idő függvényében, vagy ami ezzel egyenértékű, a meteorológiai elemek összegezett értékének függvényében ábrázoljuk, rendszerint egy megnyúlt s görbét kapunk. E görbe jellemzője, hogy a nullapont és egy, a növényfajra jellemző maximális érték (biológiai termőképesség) között változik. Ha azonban az összes szárazanyag helyett az egyes napokon létrejött anyagot visszük a koordináta rendszerbe, akkor a Gauss-eloszlási, vagy a sinus görbéhez, ill. egy hasonló formájú függvényhez jutunk.

A következőkben a várható termésmennyiség, a biológiai termőképesség és az éghajlati potenciál összekapcsolását kíséreljük meg. A terméshozamot (q) megkaphatjuk, ha a biológiai termőképességből (q_{bio}) levonjuk azt a mennyiséget, ami a kedvezőtlen időjárási viszonyok következtében az adott esztendőben veszteségként jelentkezik, vagyis

$$q = q_{bio} - \beta e^{-met} \tag{7}$$

Itt met a meteorológiai tényezők összhatását jelöli, amit az éghajlati potenciál számszerű értékével helyettesíthetünk, azaz

$$met = CP_M. \tag{8}$$

A β arra utal, hogy a szóban forgó tenyészidőben mekkora a hiányzó éghajlati erőforrás terméscsökkentő hatása. Ez a legegyszerűbben a következő összefüggéssel fejezhető ki:

$$\beta = q_{bio}(1 - CP_M). \tag{9}$$

E három összefüggésből kapjuk a terméshozamot és az éghajlati potenciált a biológiai termőképességgel összekapcsoló modellt:

$$q = q_{bio}\left(1 - \frac{1 - CP_M}{e^{CP_M}}\right) \tag{10}$$

Az összefüggés alkalmas a várható terméshozam kiszámítására, tisztán meteo-

rológiai adatok felhasználásával, ha ismerjük az adott fajta biológiai termőképességét (q_{bio}). Ez utóbbit a nemesítők nem mindig tudják egyértelműen megmondani, éppen ezért a módszert célszerű lenne úgy továbbfejleszteni, hogy ez a faktor eliminálható legyen a modellből. A formula meteorológiai tényezője viszont kétféle eljárással is levezethető. Egyrészt használhatjuk az adott elemek éghajlati valószínűségi értékeit, ha a termésbecslés az érést megelőzőleg több mint két héttel történik, másrészt a távprognózis szerint várható értékeket, ha a termés előrejelzése rövidebb időszakra vonatkozik.

Hasonló meggondolásokat tehetünk az adott termőhelyen várható maximális terméshozamok kiszámítására alkalmas modellek levezetésénél, ill. a növény naponkénti szárazanyag termelésének kiszámításánál, vagy pedig az egyes fejlődési fázisok bekövetkezési időpontjának előrejelzéséhez szükséges eljárások kidolgozásánál (*Byrne–Torssell–Sastry*, 1976).

A jövőbeli agrometeorológiai kutatásoknak még egy érdekes területe kerülhet előtérbe az éghajlati potenciál fogalmával kapcsolatosan. Ismeretes, hogy számos megalapozott és kellően még nem bizonyított feltételezések láttak napvilágot az elmúlt évtizedben az emberi tevékenység és az éghajlatváltozás vonatkozásában. Anélkül, hogy e föltételezésekre és realitásukra kitérnénk, röviden rámutatunk arra, hogy az éghajlati erőforrásokra kiható emberi tevékenység hogyan jelentkezhet hazánk mezőgazdasági termelésében.

A mezőgazdasági termőhely rendelkezésére álló éghajlati potenciál értékét voltaképpen a következő emberi tevékenység, ill. a természetes éghajlatingadozás hatása változtathatja meg:

- tudatos termesztési beavatkozások (öntözés, mezőgazdasági vízgazdálkodás, a vegetációs szerkezet átalakítása, a kis kiterjedésű időjárási folyamatok szabályozása, mint pl. a jégeső elhárítás, fagyvédelem, talajtakarás stb.);
- az emberi tevékenység (nem tudatos beavatkozások) következtében létrejövő éghajlatváltozások eredményei (az erőforrás pozitív vagy negatív irányú megváltoztatásai); ilyen lehet pl. a légkör fokozatos fölmelegedése vagy lehűlése, a csapadék megnövekedése vagy csökkenése;
- a Föld éghajlatának természetes ingadozásából eredő tartós lehűlések vagy fölmelegedések. Meteorológiai adatok bizonyítják, hogy a 20. század második felében számottevő hőmérsékletcsökkenés következett be az északi féltekén (az Arktisz és a szubarktisz térségében pl. több fokos csökkenés tapasztalható).

A mezőgazdasági termelés alapját képező éghajlati potenciál értéke különösen megváltozhat akkor, ha a természetes éghajlatváltozás iránya egybeesik az emberi tevékenység eredményezte változásokkal (*Thompson*, 1965). Annak ellenére, hogy egy adott területen a bioszféra, a talajhasznosítás, a mezőgazdasági termelés formája évszázadok, sőt évezredek alatt alakult ki, mindegyik érzékeny az időjárás és éghajlat megváltozására, természetesen az érzékenység foka az egyes éghajlati övezetekben eltérő.

Hazánk növénytermesztési szerkezete is úgy alakult ki az itteni éghajlati viszonyoknak megfelelően, hogy néhány növényfaj a hőellátottság tekintetében éppen az északi határon fekszik. Így többek között Közép-Európában a legészakabbi szőlőültetvények Tokajban találhatók. Hasonló a helyzet a rizstermesztéssel kapcsolatban. Sőt, tőlünk északabbra már alig-alig találkozunk kukorica és dohánytermesztéssel. Hőellátottság szempontjából kritikus fajok-

nak tekinthetők még a csonthéjas gyümölcsök (a késői fagyok miatt) és számos zöldségféle. Nem nehéz tehát belátni, hogy akár az emberi tevékenység hatására, akár a természetes éghajlatingadozás eredményeként létrejövő 1 – 2 fokos hűlés az éghajlati potenciálban olyan mérvű változást idézne elő, hogy országunk területén az említett növényféleségek termesztése nem lenne lehetséges.

Más elképzelések szerint a légkör CO_2 tartalmának fokozatos növekedése a léghőmérséklet emelkedéséhez vezet. A hőtöbblet (1 – 2 fok) számottevően nem rontaná a növénytermesztés kilátásait, sőt bizonyos fajok termesztéséhez még kedvezőbb körülményeket is teremtene a Kárpát-medencében. Ez a hiedelem azonban csak akkor lehet igaz, ha a hőmérséklet emelkedése változatlan mennyiségű, vagy esetleg több csapadékkal járna együtt. Klimatológiai ismereteink alapján azonban joggal következtethetünk arra, hogy éghajlatunk melegedése voltaképpen a mediterrán éghajlat kiterjeszkedését jelentené. Vagyis a magasabb hőmérséklet egyúttal kevesebb csapadékhozamot, de legalábbis a csapadékmaximumok téli félévre történő eltolódását jelenthetné. Ennek eredményeként az éghajlati potenciál összértéke a hőmérséklet-emelkedés ellenére is csökkenne, mivel a vízellátottsági index kisebb lenne. Ugyanis a számlálóban levő *ET* várhatólag kisebb a tenyészidőszak kevesebb csapadéka miatt, a nevező *(PE)* pedig nagyobb a magasabb hőmérsékleti értékek következtében.

IRODALOM

Antal, E., 1968: Az öntözés előrejelzése meteorológiai adatok alapján. *Kandidátusi értekezés*, Budapest.

Antal, E., 1975 a.: The climatic potential in Hungary determining the upper limits of plant-growing. *C. I. C. R. A. Sympozium*, „Die Intensivierung des Landbaues und die optimale Nutzung der Ökosysteme im halbkontinentalen Klima", XVII. Georgikon Tage, pp. 109 – 124.

Antal, E., 1975 b.: Ein agrarmeteorologisches Modell zur Vorthersage bei der Berieselung. *Prace a studie* 14. Aufgaben und probleme der Agrarmeteorologie. pp. 200 – 217.

Antal, E., 1976: A meteorológia és az élelmiszer-termelés. *Időjárás*, 80. évfolyam, 4. szám pp. 234 – 240.

Antal, E. – Posza, I. – Tóth, E., 1974: A kukorica hő- és vízháztartási rendszerének kapcsolata az öntözővízszükségletével. *OMSZ Hiv. Kiadv., XXXVIII. kötet*, Beszámolók 1971-ben. pp. 142 – 158.

Antal, E. – Posza, I. – Tóth, E., 1975: Az időjárás és az éghajlat hatása a műtrágya hasznosulására. *Időjárás*, 79. évf. 2. sz., pp. 95 – 104.

Byrne, G. F. – Torssell, B. W. R. – Sastry, P. S. N., 1976: Plant growth curves in mixtures and climatological response. *Agricultural Meteorology*, Vol. 16. N. 1., pp. 37 – 44.

Collis, R. T. H., 1975: Weather and world food. *Bull. Am. Met. Soc.*, Vol. 56., No. 10., pp. 1078 – 1082.

Smith, L. P., 1962: Weather and food. WMO, No. 113, TP. 50. FFHC Basic Study, No. 1., pp. 80.

Thompson, L. M., 1965: Weather variability, climatic change and grain production. *Science*, 188., pp. 535 – 540.

United Nations, 1975: Report on the World Food Conference, Rome, 15 – 16 November, 1974. pp. 64.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata, 82. évf. 2. szám. 1978. március–április
Journal of the Meteorological Service, Vol. 82. No 2. March–April 1978 Budapest

A burgonya optimális evapotranspirációja és csapadékellátottsága Magyarországon

ENDRŐDI GABRIELLA, *Központi Légkörfizikai Intézet, Budapest*

The Optimal Evapotranspiration and Water Supply of Potatoes in Hungary. In this paper the areal distributions of average water supply, water need and irrigation requirement of potatoes are presented on the basis of 50-year averages from 54 climatological stations. To characterize the temporal variability of the same quantities the author used the results of calculations based on 75-year data series from 12 stations. The empirical distribution functions of precipitation, climatic water deficit and irrigation requirement can give valuable information about the conditions of water supply and the frequency of irrigation relating to different probability values during the growing season of potatoes and in the different climatic regions of the country.

⁎

Оптимальное суммарное испарение картофеля и оптимальная обеспеченность его атмосферными осадками. Приводится территориальное распределение средних за много лет обеспеченности картофеля (среднепоздного сорта) атмосферными осадками, водопотребления и оросительной нормы по данным 54 климатологических станций за 50 лет (1901—1950 гг.). Для характеристики временной изменчивости этих же величин был использован 75-летний ряд данных 12 станций. Эмпирические кривые распределения осадков, климатического недостатка воды и водопотребления дают информацию об обеспеченности атмосферными осадками в районах страны с различными климатическими условиями за вегетационный период картофеля, а также о том, с какой частотой приходится считаться с орошением, с учетом различных вероятностей превышения.

⁎

A vízellátottság alapvető a mezőgazdasági növénykultúrák fejlődése, a megfelelő mennyiségű és minőségű termés szempontjából. A nem kielégítő nedvességellátottságú területen a legfontosabb agrotechnikai beavatkozás, a rendelkezésre álló vízkészlet növelése öntözés útján. Az optimális öntözéses gazdálkodás alapja pedig az adott területek csapadékellátottságának és a növények vízigényének ismerete.

Tanulmányunkban egyik legfontosabb kapásnövényünk, a burgonya, mégpedig a középkései burgonyafajta csapadékellátottságának és vízigényének idő- és térbeli változását vizsgáljuk.

A burgonya éghajlati igénye

Ismeretes, hogy e növényfaj hazánkénál hűvösebb, csapadékosabb éghajlatú területről származik, így azok a termesztésére kedvező övezetek, amelyek hő- és nedvességviszonyai az őshazáéhoz hasonlók.

Természetesen sem a csapadék-, sem a hőigény nem egyforma a növény tenyészideje folyamán. A kezdeti fejlődési időszakban a meleg és száraz időjárás a kedvező, a virágzás és a gumóképződés fázisában a csapadékigény kerül előtérbe *(Mándy—Csák*, 1965).

Az időjárási elemekkel szemben is érvényesül — nagyjából — a *Liebig*-féle minimumtörvény, vagyis az az elem befolyásolja a termést, amelyik a növény által megkívánt értékhatárt sok esetben nem éri el. Éghajlati viszonyaink között a nyári csapadék, elsősorban a június—július csapadéka szabja meg a burgonya termését.

Vizsgálati módszer és anyag

A növények vízfogyasztását külső és belső tényezők határozzák meg. A külső tényezők sorába tartoznak az időjárási elemek — hatásuk kifejezhető egy komplex mennyiséggel, a párologtatóképességgel vagy potenciális evapotranspirációval — és a talaj vízkészlete. A főbb belső tényezők a növényfaj és -fajta, valamint a fejlődési fázis.

Következésképpen a tényleges vízfogyasztás vagy tényleges evapotranspiráció, ET_a, kifejezhető, mint az időjárás hatását magában foglaló potenciális evapotranspiráció, PE, a talajnedvesség, w és a biológiai tulajdonságok, B, függvénye *(Konsztantyinov et al.* 1971):

$$ET_a = f(PE, w, B) \tag{1}$$

A növények vízszükségletét pedig az időjárási viszonyok és a biológiai sajátosságok határozzák meg, azaz az előbbihez hasonlóan felírhatjuk az

$$V_s = f(PE, B) \tag{2}$$

összefüggést, ahol V_s a vízszükségletet jelöli.

A vízszükséglet — amely nem más, mint az optimális vízellátású növényállomány vízfogyasztása, optimális evapotranspirációja, ET_{opt} — és a tényleges evapotranspiráció különbsége megadja az $Ö$, öntözővíz-szükségletet, azaz

$$Ö = ET_{opt} - ET_a \tag{3}$$

A potenciális, optimális és tényleges evapotranspiráció számítására az *Antal* által kidolgozott módszert alkalmaztuk, azaz a következő összefüggéseket *(Antal*, 1968):

$$PE = 0{,}9(E-e)^{0{,}7} \cdot (1+\alpha t)^{4{,}8} \text{ [mm/nap]} \tag{4}$$

ahol $(E-e)$= a telítési hiány napi közepe; [hgmm]; t= a léghőmérséklet napi közepe [C°]; $\alpha = 1/273$.

$$ET_{opt} = k \cdot PE \tag{5}$$

ahol k= a növényfajra jellemző paraméter.

$$ET_a = \frac{w+b}{1+b} \cdot w \cdot PE \tag{6}$$

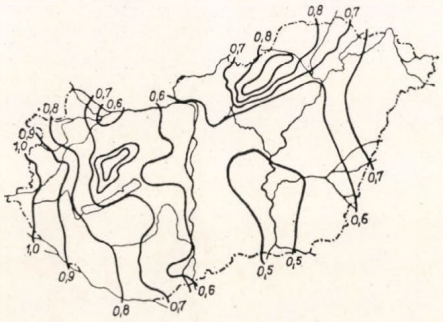
ahol w= talajnedvesség faktor; b= a növény vízigényét jellemző biológiai paraméter.

Szarvas-Bikazugban végzett 12 évi kísérletek alapján megállapítottuk a

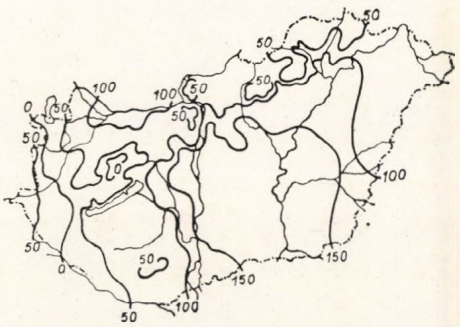
középkései burgonyafajta (Kisvárdai rózsa) átlagos tenyészidőszakát, a fejlődési fázisok bekövetkezésének átlagos időpontját, amelyek a következők:

vetés	kelés	virágzás kezdete	virágzás vége	főfejl. vége	szedés
IV. 14.	V. 10.	VI. 12.	VII. 4.	VII. 30.	IX. 8.

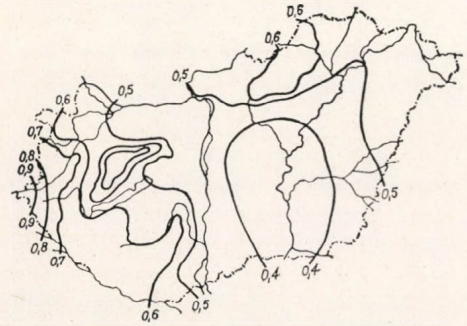
Kísérleteink alapján meghatároztuk továbbá a k növényfaktort és a növényre jellemző b biológiai paramétert is (*Antal – Endrődi*, 1972).



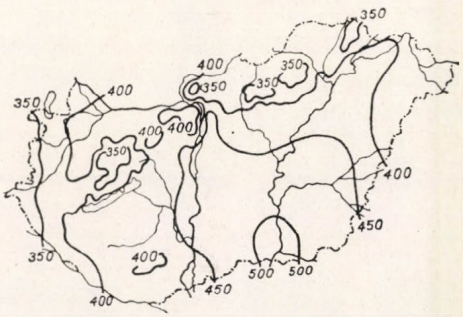
1. ábra: A csapadék és potenciális evapotranspiráció hányadosának eloszlása a burgonya tenyészidőszakában, 1901 – 1950.



2. ábra: A burgonya sokévi átlagos vízszükséglete [mm], 1901 – 1950.



3. ábra: A csapadék és vízszükséglet hányadosának területi eloszlása a burgonya tenyészidőszakában, 1901 – 1950.



4. ábra: A burgonya átlagos öntözővízszükséglete [mm], 1901 – 1950.

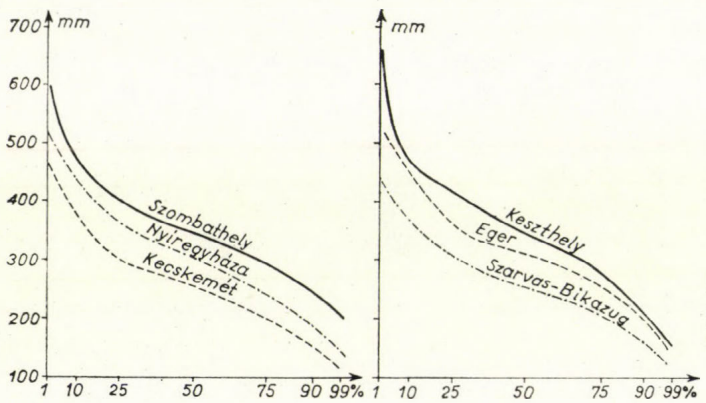
A középkései burgonya sokévi átlagos nedvességellátottságának és vízszükségletének területi eloszlását a meteorológiai elemek 54 klímaállomáson mért 50 évi (1901 – 1950) átlagaiból számított értékek alapján mutatjuk be. Az időbeli változékonyság jellemzésére pedig 12 állomás 75 évi adatsorát használtuk fel. A 12 állomás a következő: Budapest, Debrecen, Eger, Kalocsa, Kecskemét, Keszthely, Magyaróvár, Pécs, Nyíregyháza, Szarvas, Szeged, Szombathely. Számításainkat az egész ország területére egységesen az április 14 – szeptember 8. közötti átlagos tenyészidőszakra végeztük.

Az átlagos vízellátottság és vízszükséglet

Az egyes területek vízellátottságának jellemzésére különböző mértékszámok használatosak, mint például az éghajlati vízhiány vagy az aridítási tényező. Az *1. ábrán* a burgonya tenyészidőszakára vonatkozó csapadék és po-

tenciális evapotranspiráció hányadosának értékeivel szemléltetjük a nedvességellátottságot. Kitűnik, hogy az ország nagyobb részén 250 mm-t meghaladó átlagos vízhiánnyal ($CS/PE \leqq 0{,}5$) számolhatunk. E tényező természetesen növénytől független, az éghajlati vízhiány jellemzésére szolgál.

A rendelkezésre álló adatok alapján meghatároztuk és a *2. ábrán* közöljük a burgonya sokévi átlagos vízszükségletének eloszlását az április 14—szeptember 8. közötti időszakban. Értéke 518 mm (Szeged) és 341 mm (Putnok) közötti; az Alföldön általában meghaladja a 450 mm-t, míg az ország nyugati részén, valamint a magasabban fekvő részeken a 350 mm-t sem éri el. Sokévi



5. ábra: A burgonya tenyészidőszakára vonatkozó csapadék empirikus eloszlásgörbéi, 1901 — 1975.

átlagban tehát az egyes területek között a vízszükségletben 100—150 mm-es különbség van.

Ha figyelembe vesszük a burgonya tenyészidőszakának átlagos csapadékát, kitűnik, hogy az ország középső részén a csapadék vízszükségletnek csupán alig valamivel több, mint a felét fedezi. A két mennyiség (csapadék és vízszükséglet) hányadosa az adott növényre vonatkozó nedvességellátottsági mértékszámnak tekinthető. A *3. ábrából* látható, hogy értéke az ország jelentős részén nem éri el a 0,6-ot, ami mm-ben kifejezve annyit jelent, hogy a természetes csapadék mellett 200 mm, sőt azt meghaladó vízmennyiség pótlása lenne szükséges, ha nem vennénk figyelembe a növény által a talajból felvett vízmennyiséget, a talaj vízkészletének tenyészidőszakbeli változását.

Az öntözővíz-szükségletet, mint említettük, a vízszükséglet, ET_{opt} és a tényleges evapotranspiráció, ET_a különbsége adja meg. A *4. ábra* szerint a burgonya átlagos öntözővíz-szükséglete az Alföldön meghaladja a 150 mm-t — ami három-négyszeri öntözést jelent sokévi átlagban —, míg a Nyugat-Dunántúlon vízfölösleg mutatkozik. Az ország jelentős részén tehát öntözéssel kell pótolnunk a jobb termés érdekében a növény számára hiányzó vízmennyiséget.

A vízellátottság és öntözővíz-szükséglet időbeli eloszlása.

Az optimális öntözéses gazdálkodás és öntözési rendszerek tervezéséhez nem elegendő a csapadék és öntözővízszükséglet sokévi átlagainak ismerete, hanem fontos annak megállapítása is, hogy az ország különböző részein milyen a csapadék időbeli eloszlása, valamint milyen gyakorisággal kell öntöznünk.

A természetes vízellátottság időbeli változékonyságának jellemzésére előállítottuk a burgonya tenyészidőszakára az említett 12 állomás adatai

alapján a csapadék empirikus eloszlásgörbéit. Az *5. ábrán* közölt, különböző éghajlati körzetekben levő állomások empirikus eloszlásgörbéiről leolvasható, hogy míg a nyugati részen – Szombathelyen és Keszthelyen – a tenyészidőszak csapadéka az évek felében eléri a 350 mm-t, addig az Alföld középső részén, Kecskeméten és Szarvason csupán a 250 mm-t; s míg Szombathelyen 200 mm alatti érték egyszer sem fordult elő, Kecskeméten és Szarvason az évek egynegyedében számíthatunk erre.

Az *I. táblázatban* közöljük a csapadék 75 évi átlagait az április 14 – szeptember 8. közötti időszakra havi bontásban, valamint a szélsőértékeket is.

I. TÁBLÁZAT

A csapadék 75 évi átlagai a középkései burgonya tenyészidőszakában (mm)

Állomás	Á	M	J	J	A	Sz	Á–Sz	max.	év	min.	év
Budapest	25	64	70	55	48	10	272	447	1914	105	1947
Debrecen	23	59	77	59	64	10	292	489	1975	148	1935
Eger	25	67	79	62	65	11	309	516	1938	120	1923
Kalocsa	28	61	69	57	54	11	280	493	1954	143	1947
Kecskemét	24	57	62	54	48	10	255	462	1913	113	1904
Keszthely	28	72	79	78	76	15	348	655	1940	165	1917
Magyaróvár	24	61	63	72	59	11	290	537	1940	85	1917
Nyíregyháza	22	58	77	63	68	10	298	508	1913	139	1962
Pécs	34	68	74	64	60	12	312	551	1972	176	1950
Szarvas	24	58	68	51	52	9	262	444	1940	111	1950
Szeged	24	59	67	51	47	10	258	457	1975	108	1952
Szombathely	25	69	77	89	79	14	353	617	1965	213	1950

A 12 állomás 1901–1975 közötti meteorológiai adatai alapján meghatároztuk a potenciális párolgást, valamint a középkései burgonya optimális és tényleges evapotranspirációját a 75 tenyészidőszak minden hónapjára, illetve áprilisban és szeptemberben csak a töredék-hónapra, az átlagos tenyészidőszaknak megfelelően.

Számításainknál az egyszerűsítő feltételek a következők voltak:

- minden évben és mind a 12 állomáson azonos hosszúságú a burgonya tenyészidőszaka;
- minden állomáson és évben a növényre jellemző k faktor és b paraméter átlagos havi értékeit vettük figyelembe, éspedig:

	IV	V	VI	VII	VII	IX
k	0,53	0,57	0,93	0,94	0,66	0,23
b	0,0	0,23	0,77	0,92	0,39	0,05

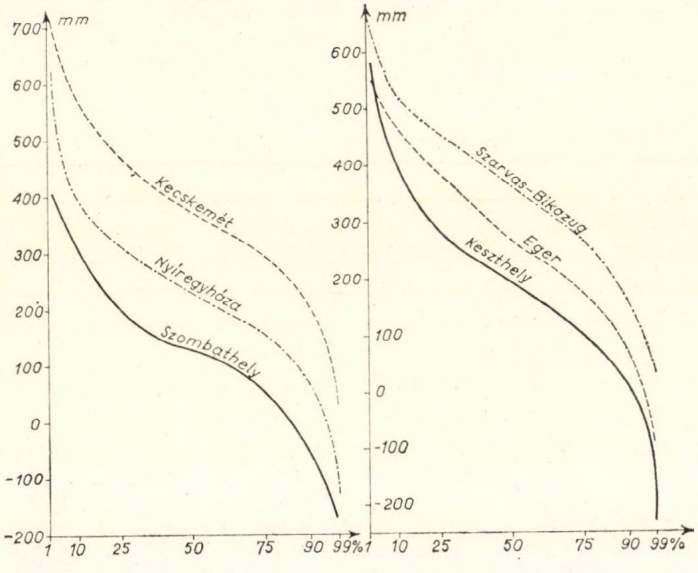
- a tényleges evapotranspiráció számításakor minden állomáson és évben azonos módon vettük figyelembe a talajréteget, mégpedig

IV	V	VI	VII–IX
0–30 cm	0–50 cm	0–70 cm	0–80 cm,

valamint induló vízkészletként a tenyészidőszak kezdetén a diszponibilis víz 90, homoktalaj esetében 80%-át vettük figyelembe.

A kiszámított mennyiségek 75 évi adatsorából megállapíthatók az ország különböző részein az éghajlati vízhiány, öntözővízszükséglet átlagos és szélső értékei, valamint az adott túllépési valószínűségekhez tartozó értékek is.

A potenciális evapotranspirácó és a csapadék különbségeként számított éghajlati vízhiány *6. ábrán* látható eloszlásgörbéi jól reprezentálják mind a területi különbségeket, mind az időbeli változékonyságot. Az értékek a burgonya tenyészidőszakára vonatkoznak. Megállapíthatjuk, hogy Kecskeméten és Szarvason 75 év során egyszer sem volt vízfölösleg, Szombathelyen 12, Keszthelyen és Nyíregyházán 5—5 évben, Egerben pedig 3 alkalommal. Az Alföld középső részén az éghajlati vízhiány az évek 75%-ában eléri a 300 mm-t és 50%-ában megközelíti a 400 mm-t.



6. ábra: A burgonya tenyészidőszakára számított éghajlati vízhiány empirikus eloszlásgörbéi, 1901 – 1975.

Az éghajlati vízhiány 75 évi átlagait, valamint szélsőértékeit a *II. táblázatban* közöljük.

Az optimális és tényleges evapotranspiráció számított értékei alapján rendelkezésre állnak az öntözővízszükséglet tenyészidőszakonkénti összegei, amelyekből meghatározható, hogy az egyes éghajlati körzetekben milyen

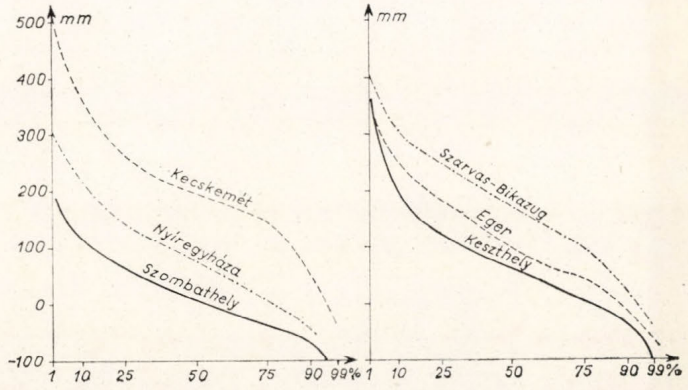
II. TÁBLÁZAT

Az éghajlati vízhiány 75 évi átlagai a középkései burgonya tenyészidőszakában (mm)

Állomás	Á	M	J	J	A	Sz	Á—Sz	max.	év	min.	év
Budapest	15	49	64	102	103	12	345	703	1947	14	1940
Debrecen	15	46	39	83	66	9	258	546	1946	—91	1970
Eger	13	41	44	89	73	11	271	574	1950	—84	1912
Kalocsa	11	47	64	102	89	11	324	669	1952	— 6	1975
Kecskemét	15	54	71	110	112	12	374	716	1950	31	1975
Keszthely	10	27	35	62	52	5	191	574	1950	—235	1965
Magyaróvár	16	33	50	59	62	4	224	613	1917	—125	1940
Nyíregyháza	15	44	37	73	53	6	228	531	1952	—110	1913
Pécs	5	37	58	96	90	12	298	638	1946	— 9	1940
Szarvas	15	50	59	114	101	15	354	645	1952	46	1974
Szeged	16	52	67	115	106	5	361	833	1952	2	1940
Szombathely	8	16	22	33	32	3	114	398	1932	—166	1965

gyakorisággal számíthatunk öntözésre. Az öntözési tervezések számára a mezőgazdasági növénykultúrák öntözővíz-szükségletének sokévi átlagos és szélsőértékei mellett fontosak az adott százalékos biztonságot adó szintekhez tartozó számadatok is. Gyakran a 80%-os valószínűségi szintet tekintik az öntözési tervezések alapjául.

Az öntözővízszükséglet 75 évi átlagait és szélsőértékeit a 12 állomásról a *III. táblázat* tartalmazza, amely szerint 150 mm-t meghaladó különbség van



7. ábra: A burgonya tenyészidőszakára számított öntözővízszükséglet időbeli változékonysága, 1901 – 1975.

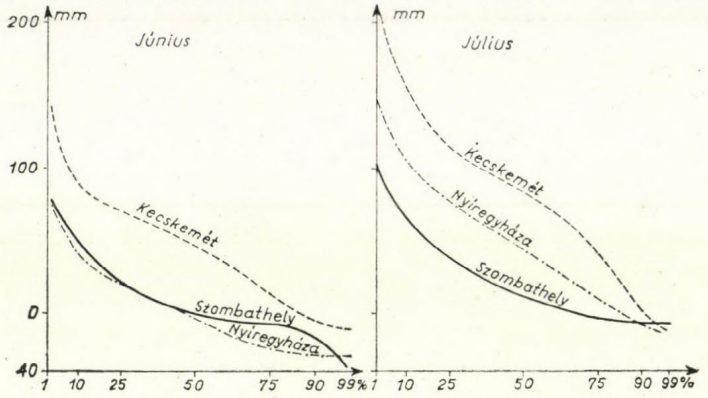
a két legeltérőbb éghajlati körzetet képviselő Kecskemét és Szombathely értékei között. A táblázat arról is tájékoztat, hogy sokévi átlagban milyen az öntözővízszükséglet havonkénti megoszlása, amely szintén nem mellékes az öntözési tervezéseknél. Említettük, hogy a június–július, a virágzás-főfejlődés időszakának csapadéka szabja meg a burgonya termését, illetve az, hogy a növény szempontjából kielégítő-e a nedvességellátottság. Amint a táblázatból kitűnik, az ország középső és déli részén az öntözővíz-szükséglet júliusban eléri a 80 mm-t, amely mintegy kétszeri öntözést jelent, míg Debrecenben, Nyíregyháza, valamint a Dunántúlon Keszthely, Magyaróvár térségében legfeljebb egyszeri öntözéssel kell számolnunk (ha az egyszeri öntözővízadag $\leqq 40$ mm).

III. TÁBLÁZAT

Az öntözővízszükséglet 75 évi átlagai a középkései burgonya tenyészidőszakában (mm)

Állomás	Á	M	J	J	A	Sz	Á–Sz	max.	év	min.	év
Budapest	–11	–16	40	78	58	6	155	419	1947	–68	1940
Debrecen	– 8	–15	22	56	34	4	93	292	1947	–83	1941
Eger	–11	–14	34	67	50	5	131	339	1950	–88	1970
Kalocsa	–11	–16	34	75	50	5	137	389	1952	–65	1940
Kecskemét	– 8	0	46	84	63	7	192	469	1952	–43	1975
Keszthely	–11	–21	24	49	23	2	66	356	1950	–135	1940
Magyaróvár	–10	–14	28	42	29	4	79	360	1917	–77	1966
Nyíregyháza	–11	–12	23	49	25	4	78	289	1952	–79	1949
Pécs	–11	–17	32	70	49	5	128	374	1950	–64	1940
Szarvas	–11	–12	38	85	61	7	168	397	1950	–42	1974
Szeged	–12	– 8	37	85	63	8	173	500	1950	–70	1940
Szombathely	– 9	–19	9	20	11	1	13	183	1952	–123	1918

A burgonya tenyészidőszakában az öntözővíz-szükséglet időbeli változékonyságát és különböző valószínűségű értékeit a *7. ábra* szemlélteti néhány állomásra vonatkozóan. Míg Szombathelyen 10 évből legfeljebb háromban számíthatunk egyszeri öntözésre, Keszthelyen az öntözővíz-szükséglet az évek felében meghaladja a 60 mm-t. Nyíregyháza, Eger térségében tíz évből legalább hatban mutatkozik egyszeri öntözővízadagot (40 mm-t) meghaladó vízhiány. A melegebb, szárazabb éghajlati körzetben levő Szarvason az öntözővíz-szük-



8. ábra: A júniusi és júliusi öntözővízszükséglet empirikus eloszlásgörbéi, 1901–1975.

séglet az évek felében meghaladja a 150 mm-t, Kecskeméten pedig csaknem a 200 mm-t is eléri. Ha az öntözési tervezésekhez gyakran alapul választott 80%-os valószínűségi szintet tekintjük, ehhez a nyugati határszélen 75, az Alföld középső részén 290, a keleti országrészen 160, az északi fekvésű Eger térségében 200 mm-es öntözővíz-szükséglet tartozik a burgonya tenyészidőszakában.

Az öntözővíz-szükségletet június–júliusban – amely általában a virágzás és főfejlődés fázisa – a *8. ábrán* mutatjuk be. Értéke *júniusban* az Alföld középső részén az évek felében eléri az 50 mm-t, a 80%-os biztonságú szint pedig meghaladja a 75 mm-t; a hűvös, csapadékos nyugati és mérsékelten meleg, viszonylag csapadékos keleti részeken az évek felében egyáltalán nincs szükség júniusban öntözésre. *Júliusban* az értékek általában jelentősen nagyobbak: Kecskeméten az éveknek csupán 15%-ában kisebb, mint az egyszeri öntözővízadagnak tekinthető 40 mm, tíz évekből ötben eléri ennek kétszeresét, a 80%-os szinthez pedig 130 mm-es összeg tartozik; a nyugati határszélen, Szombathelyen egyszeri öntözésre legfeljebb 25%-os valószínűséggel kerül sor, Nyíregyházán pedig az évek felében.

Az egyes mezőgazdasági növénykultúrák vízellátottságának, vízháztartási összetevőik tér- és időbeli változékonyságának feltárása – a bemutatott részletességgel – elősegíti az öntözési rendszerek optimális tervezését és kihasználását, valamint a különböző növényfajok termesztésére a vízellátottság szempontjából kedvező körzetek kiválasztását.

IRODALOM

Antal, E. 1968: Az öntözés előrejelzése meteorológiai adatok alapján. *Kandidátusi értekezés,* Budapest.

Antal, E., Endrődi, G. 1972: A burgonya vízigénye és öntözővízszükséglete. *Időjárás, 76.* 223–233 o.

Konsztantyinov, A. R., Asztahova, N. I., Levenko, A. A. 1971: Metodü raszcsota iszparenyija sz szeljszkohozjajsztvennüh polej. *Hidromet. Izd.* Leningrad.

Mándy, Gy., Csák, Z. 1965: A burgonya. Akadémia Kiadó, Budapest.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 82. évf. 2. szám 1978. márc-ápr.
Journal of Meteorological Service, Vol. 82. No 2 March-April 1978 Budapest

A teljes ózontartalom meghatározása műholdas mérésekből

MISKOLCI FERENC, *Központi Légkörfizikai Intézet, Budapest*

Determination of the Total Ozone Content by Measurements on Artificial Satellites. This is a description of a method suitable for a rapid determination of the total ozone content of the atmosphere with the aid of infrared radiation data obtained from artificial satellites. The method is based on the fact that the transmission of the atmosphere at the wave-length of 9.6 μ can be satisfactorily approximated by the transmission of a homogeneous ozone layer possessing a given effective pressure and temperature. The effective pressure and temperature are equal to the weighted average values of the pressure and temperature profiles for the ozone profile in a given season. The transmission functions are computed by using a semi-empirical formula, in which the free parameters were determined with the aid of measured and directly computed values of zone transmission. The advantage of this method consists in its simplicity and rapid application, its limitation being that it cannot be easily used in different geographical regions. Its accuracy as compared to ozone-sounding data is depending on seasons, its average value being 5 to 7%.

*

Определение суммарного содержания озона в атмосфере по данным ИСЗ. В настоящей работе описывается метод, предлагаемый автором для быстрого определения суммарного содержания озона в атмосфере по данным об инфракрасной радиации, получаемым с ИСЗ. В основе метода лежит факт, что пропускание неоднородной атмосферы в полосе 9.6 мк хорошо приближается пропусканием слоя озона, характеризующимся заданными величинами эффективного давления и температуры. За эффективное давление и температуру взяты средневзвешанные величины профилей давления и температуры, полученные по среднему профилю озона, соответствующему данному сезону года. Функции пропускания вычисляются при помощи полуэмпирической формулы, в которой свободные параметры были определены с использованием значений пропускания озона, полученных по измерениям и по прямым вычислениям. Преимущество метода заключается в быстроте и простоте пользования, в недостаток — в том, что его нельзя прямо использовать применительно к районам различного географического положения. По сравнению с методом озонного зондирования, точность предлагаемого метода, в зависимости от сезона года, равна в среднем 5—7 %.

*

Ismeretes, hogy a műholdak spektrométereivel mért sugárzás intenzitása a hosszúhullámú tartományban az alábbi kifejezéssel adható meg:

$$I_{\nu_i} = B_{\nu_i}(T_F)\tau_{\nu_i,F} + \int_1^{\tau_{\nu_i,F}} B_{\nu_i}(T(p))\, d\tau_{\nu_i} \qquad (1)$$

I_{ν_i} : az i. csatornában mért intenzitás
B_{ν_i} : Planck-függvény

T_F : földfelszíni hőmérséklet
$T(p)$: hőmérsékleti profil
p : nyomás
$\tau_{\nu_i,F}$: a felszíntől a légkör felső határáig terjedő légréteg átbocsátása
τ_{ν_i} : az i. csatornára átlagolt átbocsátás, mely esetünkben az ózonra vonatkozik:

$$\tau_{\nu_i}=\frac{1}{\Delta\nu}\int_{\Delta\nu}\exp\left(-\frac{1}{g}\int_0^p K_{\nu_i}\varrho\,(p)dp\right)d\nu \tag{2}$$

K_ν : tömegabszorpciós együttható
$\varrho(p)$: ózon keverési arány

I_{ν_i}-t műholdas mérésekből nyerjük, és ezekből az adatokból a teljes ózontartalmat szeretnénk meghatározni. Ennek érdekében a számításoknál két közelítést kell, ill. célszerű alkalmaznunk:

a) az (1) egyenletet a következőképpen alakítjuk át:

$$I_{\nu_i}=B_{\nu_i}(T_F)\tau_{\nu_i,F}+\bar{B}_{\nu_i}(1-\tau_{\nu_i,F}) \tag{3}$$

Ez igen pontos közelítés, ugyanis a súlyfüggvények és az ózoneloszlás függvény menete hasonló. $\bar{B}_{\nu_i}$ könnyen számítható:

$$\bar{B}_{\nu_i}=\int B_{\nu_i}\,d\tau/\int d\tau\approx\int B_{\nu_i}du/\int du \tag{4}$$

u : optikai tömeg

b) Az ózon átbocsátási függvényeket a teljes ózontartalom és egy ún. effektív abszorpciós együttható bevezetésével adjuk meg:

$$\tau_{\nu_i,F}=\exp\left(-C_{\nu_i}O_3^T\right) \tag{5}$$

O_3^T : teljes ózontartalom
C_{ν_i} : effektív abszorpciós együttható, mely az adott frekvencia-intervallumban konstans

A (3) és (5) kifejezésekből egyszerűen következik, hogy:

$$0_3^T=\frac{1}{C_{\nu_i}}\ln\left(\frac{B_{\nu_i}(T_F)-\bar{B}_{\nu_i}}{I_{\nu_i}-\bar{B}_{\nu_i}}\right) \tag{6}$$

C_{ν_i}:C_{ν_i}-k több, N ózonprofilra vonatkozó átlaga

$$C_{\nu_i}=\frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N}C_{\nu_i}^j$$

Az ózon 9,6 μ-os sávjában természetesen több mérést végezhetünk különböző csatornákban. Ekkor az ózontartalmat az alábbi kifejezéssel számíthatjuk:

$$0_3^T=\sum_{i=1}^{n}\frac{\gamma_i}{C_{\nu_i}}\ln\left(\frac{B_{\nu_i}(T_F)-\bar{B}_{\nu_i}}{I_{\nu}-\bar{B}_{i\nu}}\right) \tag{7}$$

n : csatornaszám

γ_i : az egyes csatornákra jellemző súlyozási együttható, melyet az adott csatornán a számított ózonértékek szórása határoz meg

A (7) kifejezés alkalmazásához tehát szükségünk van a súlyozási együtthatók, az átlagos effektív abszorpciós együtthatók és az átlagos Planck függvények ismeretére. Az abszorpciós együtthatókat esetünkben az (5) kifejezéssel számítottuk, de műholdas mérés és ózonprofil birtokában (6)-ból reálisabb értékeket lehetne nyerni.

A $\tau_{\nu_i,F}$ meghatározására egyszerű, a valószínűségi-exponenciális sáv modellen alapuló analitikus formulát használtunk: (8). A sáv-paramétereket (átlagos vonalintenzitás, átlagos vonaltávolság, alapállapoti energia) és egy optikai tömegfüggést korrigáló paramétert optimalizációs eljárással határoztuk meg, mely során a (8) formulával számított átbocsátásokat a legújabb, direkt módon számított átbocsátásokhoz illesztettük. E paramétereket az *I. táblázat* tartalmazza.

$$\tau_{\nu_i}(p, T, u) = \exp\left(-\frac{S(S_0, \bar{E}, T)\, u^z}{\bar{\delta}\left(1+\frac{S(S_0, \bar{E}, T)\, u}{\pi\alpha(p, T)}\right)^{1/2}}\right) \tag{8}$$

S_0 : átlagos vonalintenzitás, u : optikai tömeg,

$\bar{E}$: alapállapoti energia, z : korrekciós tényező,

$\bar{\delta}$: átlagos vonaltávolság, $\alpha(p,T)$: Lorentz vonalszélesség

A (8) formula érvényességi tartománya:

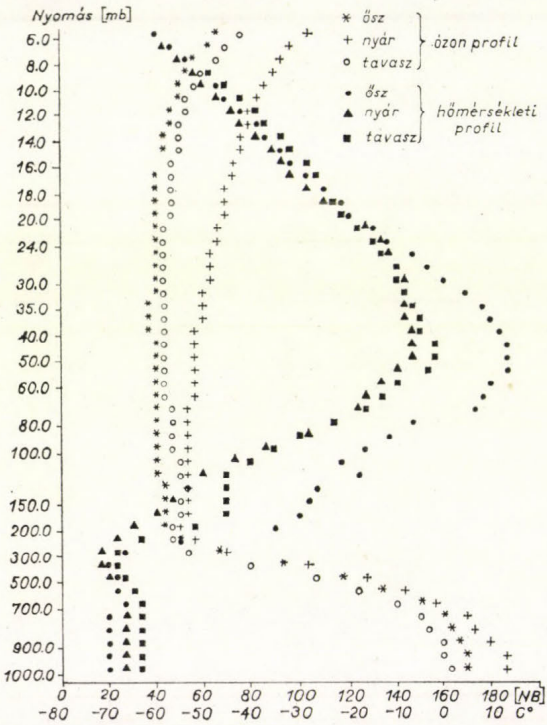
$$200\ \mathrm{K}^\circ < T\ \mathrm{K}^\circ < 300\ \mathrm{K}^\circ;\quad 10\ \mathrm{mb} < p < 1000\ \mathrm{mb};\quad 0{,}1\ \mathrm{cm} < u < 1\ \mathrm{cm}$$

I. TÁBLÁZAT

Az átbocsátási függvények számításához használt sáv-paraméterek

ν_i [cm^{-1}]	S_0	$\bar{E}$	$\bar{\delta}$	Z
980	0.000023	719.707	0.000143	1.072700
985	0.000378	719.115	0.001390	1.057020
990	0.005268	718.658	0.011971	1.029370
995	0.013968	717.538	0.018508	1.020690
1000	0.031068	697.356	0.027766	0.961616
1005	0.059060	583.740	0.030827	1.000670
1010	0.111350	477.972	0.037361	1.017150
1015	0.163864	394.596	0.036757	1.040210
1020	0.238992	297.318	0.038814	1.055800
1025	0.288752	178.953	0.040715	1.040710
1030	0.219295	138.326	0.032945	1.015520
1035	0.133781	147.537	0.021909	0.984767
1040	0.067105	163.448	0.023339	0.780789
1045	0.094192	174.951	0.034511	0.764874
1050	0.178441	123.476	0.033973	0.832506
1055	0.385938	191.263	0.034910	1.027690
1060	0.179424	500.624	0.032656	0.900390
1065	0.097565	657.306	0.049762	0.789377
1070	0.021854	655.879	0.038588	0.809153
1075	0.015777	539.869	0.068860	1.106270

Inhomogén légkörre T_e, p_e és $u = 0_3^T$ értékekkel kell számolnunk. A p_e számítása a (4) formulával analóg kifejezéssel történhet. Itt a számításokhoz a potsdami ózonszondázási adatokat használtuk, 86 nyári, 60 tavaszi, valamint 36 őszi ózon, ill. hőmérsékleti profilt. Az effektív abszorpciós együtthatókat ily módon 20 különböző 6,5 cm^{-1} széles frekvenciára minden profilra kiszámítottuk, és ezeket minden frekvencián átlagoltuk ($\overline{C}_{\nu_i}$). Ellenőrzésképpen,

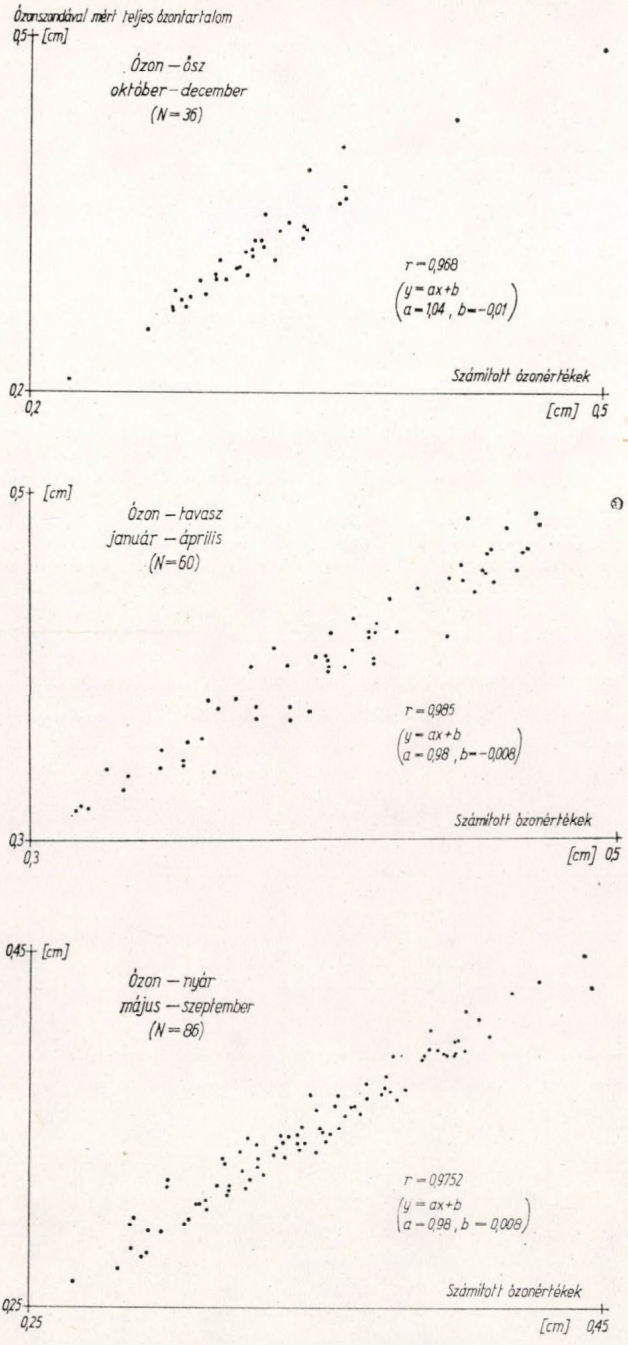


1. ábra: Átlagos ózon- és átlagos hőmérsékleti profilok

valamint a súlyok meghatározására az összes profil esetében $\overline{C}_{\nu_i}$-t felhasználva visszaszámoltuk a szórásokat. Az effektív nyomás és hőmérséklet meghatározására az évszakoknak megfelelő átlagos ózonprofilt használtuk. A három évszaknak megfelelő átlagos ózon és hőmérsékleti profilokat az *1. ábrán* mutatjuk be. E profilok számértékei is megtalálhatók *(Spänkuch* és *Döhler*, 1975). A (7) kifejezésében szereplő B meghatározására szintén ezt kell alkalmaznunk. A (7) formula pontosságára jellemző, hogy átlag 3 – 5% pontosan kaphatjuk meg belőle az 0_3^T-t, egészen ritka, különleges esetekben a hiba maximálisan 17% lehet. Kedvező, az átlagprofilhoz hasonló profilok esetén a hiba 0,25%-ra is csökkenhet. A *2. ábrán* az ózonszondával mért és a (7) formulával számított teljes őszi, tavaszi és nyári ózontartalmat hasonlítottuk össze.

Végezetül a *II. táblázatban* közöljük a $\overline{C}_{\nu_i}$-ket és $\gamma_i/\overline{C}_{\nu_i}$-ket, valamint feltüntetjük a visszaszámolt 0_3^T értékek szórását is csatornánként.

A május – szeptemberi adatokra vonatkozó átlagos relatív hiba, amely a (7) formulával számított 0_3^T értékekhez tartozik, 4,25%, az október-decemberi adatokra 5,6% és a január-áprilisi értékekre 4,6%.



2. ábra: Az ózonszondával mért és a (7) formulával számított őszi, tavaszi és nyári ózonértékek összehasonlítása

II. TÁBLÁZAT

Konstansok, szórások és súlyok

ν_i (cm^{-1})	ózon – ősz			Ózon – tavasz			Ózon – nyár		
	$\overline{C}_{\nu_i}$	szórás	$\gamma_i/\overline{C}_{\nu_i}$	$\overline{C}_{\nu_i}$	szórás	$\gamma_i/\overline{C}_{\nu_i}$	$\overline{C}_{\nu_i}$	szórás	$\gamma_i/\overline{C}_{\nu_i}$
980	0.0978	0.0120	0.0761	0.1001	0.0180	0.0495	0.1082	0.0086	0.0691
986	0.1702	0.0115	0.0794	0.1736	0.0174	0.0511	0.1880	0.0082	0.0727
990	0.2777	0.0107	0.0851	0.2799	0.0161	0.0554	0.3052	0.0072	0.0827
995	0.4626	0.0111	0.0820	0.4617	0.0514	0.0580	0.5064	0.0070	0.0852
1000	0.7010	0.0142	0.0641	0.6809	0.0141	0.0634	0.7556	0.0079	0.0759
1005	1.1710	0.0163	0.0559	1.1350	0.0136	0.0655	1.2360	0.0100	0.0596
1010	1.7130	0.0214	0.0425	1.8180	0.0166	0.0537	1.7480	0.0136	0.0439
1015	2.3740	0.0240	0.0380	2.2270	0.0184	0.0484	2.3880	0.0157	0.0381
1020	3.0350	0.0262	0.0347	2.8280	0.0200	0.0445	3.0040	0.0175	0.0341
1025	3.6220	0.0284	0.0321	3.3420	0.0216	0.0413	3.5110	0.0187	0.0319
1030	4.0610	0.0283	0.0322	3.7340	0.0218	0.0410	3.8900	0.0185	0.0323
1035	4.6520	0.0266	0.0343	4.2810	0.0209	0.0427	4.4470	0.0174	0.0344
1040	3.4400	0.0308	0.0279	3.0610	0.0250	0.0357	3.2180	0.0171	0.0349
1045	2.9580	0.0340	0.0268	2.6300	0.0267	0.0334	2.7750	0.0192	0.0311
1050	4.3600	0.0347	0.0262	3.8430	0.0270	0.0330	4.0940	0.0203	0.0294
1055	5.0030	0.0290	0.0314	4.5880	0.0219	0.0407	4.8560	0.0200	0.0298
1060	3.0250	0.0288	0.0317	2.7500	0.0207	0.0429	3.0610	0.0173	0.0346
1065	1.2680	0.0292	0.0312	1.1470	0.0206	0.0432	1.3180	0.0168	0.0355
1070	0.4626	0.0183	0.0499	0.4351	0.0131	0.0682	0.4872	0.0098	0.0611
1075	0.1589	0.0078	0.1163	0.1606	0.0101	0.0882	0.1671	0.0071	0.0839

Látható a fentiek alapján, hogy a pontosság a megkívánt határon belül esik, de valószínű, hogy műholdas mérési adatok birtokában még pontosítható. Az azonban nyilvánvaló, hogy mint módszer alkalmazható teljes ózontartalom meghatározására.

IRODALOM

Spänkuch, D. és Döhler, W. 1975: Statistische Charakteristika der Vertikalprofile von Temperatur und Ozon und ihre Kreuzkorrelation über Berlin. *Geod. Geoph. Veröff.* R. II. H. 19. (1975.)

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata, 82. évf. 2. szám. 1978. március – április
Journal of the Meteorological Service, Vol. 82. No 2. March – April 1978 Budapest

Hűtőtornyok hatása a levegőkörnyezetre

SZABÓ ÉVA, *Központi Légkörfizikai Intézet, Budapest*

Effects of Cooling Towers on Atmospheric Environment. The aim of this paper is to review the current thinking on the environmental effects of cooling towers. The main aspects are the followings: length of the plume, precipitation, air temperature, humidity and sunshine. The interaction between stack and cooling tower plumes are also dealt briefly. The rewiew concludes that models of Smith and Agee are applicable to estimate the long term length of the cooling tower plume, however, model of Moore and Foster is applicable to discribe the transport and precipitation increasing effects.

A korszerű, nagy teljesítményű széntüzelésű és atomerőművi blokkok veszteséghőjét hűtőtornyokkal vonják el. Ennek oka egyrészt az, hogy a természetes vizek (folyók, tavak, tengerek) igénybevehetősége igen korlátozott, másrészt telepítési és környezetvédelmi szempontokat is figyelembe kell venni.

Az erőművi körfolyamat jellegéből következően a termodinamika tételeinek megfelelően jelentős hőveszteségek keletkeznek, s emiatt a villamosenergia előállításának hatásfoka 50% alatt van. A kondenzáció okozta hőveszteség a legnagyobb. Egy feketeszén-tüzelésű erőmű esetén a tüzelőanyag elégetésekor nyert energiának csak 37,1%-a a leadott villamos energia, 49,7%-a a kondenzációs hőveszteség és 13,2%-a pedig az egyéb veszteség [6]. Az erőművekben a szükséges hűtés biztosításához megfelelő hűtőberendezésekre van szükség, vagy meg kell oldani e hatalmas hőmennyiségnek a környezetbe, folyókba, levegőbe juttatását. Eközben gazdaságossági szempontokat is figyelembe kell venni, hiszen a kondenzációs berendezések költsége a teljes erőműépítés költségének 25%-át is kiteheti.

Hűtőtornyos hűtési rendszerek típusai

A különféle nedves, száraz és a kombinált nedves-száraz hűtőtornyok számos, különféle kapcsolásban (zárt körfolyamatú hűtés, teljesen vagy részben nyitott körfolyamatú hűtés stb.) és különböző szellőzési módokkal (természetes és mesterséges huzat) működnek. Kezdetben a kondenzációt frissvíz-hűtéssel oldották meg. De a növekvő teljesítmény egyre több vizet igényelt. Pl. egy 3000 MW-os atomerőműhöz kb. 550 000 m³/h hűtővíz szükséges. Ugyanakkor Budapest max. vízfogyasztása 42 000 m³/h és a Duna min. vízhozama 1 800 000 m³/h. A folyókból igénybe vehető hűtővízmennyiséget mint láttuk nemcsak a vízhozam korlátozza, hanem a megengedhető felmelegedés is. Az élő vizek termikus szennyezése, s a túlzott felmelegedés megzavarja a folyók biológiai egyensúlyát. A Duna frissvíz-hűtés szempontjából nagy tartalékot jelent. Számítások szerint kb. 20 000 MW erőműkapacitást tenne lehetővé. De mivel a gyenge minőségű barnaszén- és lignitlelőhelyek elég távol helyezkednek el a Dunától és a Tiszától, ezért számunkra sokkal előnyösebb a hűtőtornyos visszahűtés, amelyet a gyöngyösi Gagarin Erőműben már megvalósítottak, és így tervezik a hűtést a létesülő bicskei, valamint a bükkábrányi erőművekhez is [6].

A *nedves hűtőtorony* a visszahűtés hagyományos eszköze. A hűtendő víz közvetlenül érintkezik a környezeti levegővel, közben a víz egy része elpárolog. A hűtőtornyok vízvesztesége egy nagyságrenddel kisebb, mint a frissvíz-hűtés szükséglete.

A nedves hűtőtornyokkal lehet a legjobban megközelíteni azt az elméletileg elér-

hető leghidegebb vízhőmérsékletet, amelyet a külső levegő nedves hőmérséklete szab meg [15]. A nedves hűtőtornyok „jósági fokát" (J) éppen az határozza meg, hogy egy adott hőmérsékletű víz (T_{v1}) a hűtőtoronyban lehűlve (T_{v2}) menynyire közelíti meg a levegő nedves hőmérsékletét (T_{n1}):

$$J = \frac{T_{v1} - T_{v2}}{T_{v1} - T_{n1}}$$

A „maximális jóság" csak végtelen nagy felülettel érhető el. A jóság mértéke függ a tornyok rendszerétől (természetes, mesterséges huzat) és szerkezetétől (a hőcserélő betétektől). A kürtő alsó felében helyezkednek el a betétek (általában azbeszt cementlapok), amelyek fölött azbeszt cementcsövekből szóró szerkezet osztja szét a vizet. A vízelosztó szerkezet fölött pedig cseppleválasztó található. A víz a torony alján levő medencében gyűlik össze. A toronyból kilépő nedves levegőáram mindig tartalmaz olyan cseppeket, amelyek nem párologtak el. Ez azért lehetséges, mert a kiáramló levegő a hűtővízből azokat a cseppeket ragadja magával, amelyeknek esési sebessége kisebb, mint a felfelé áramló levegő sebessége.

A 10 mikronnál kisebb cseppek általában ködöt és túltelített levegőt jelentenek, a 10 mikronnál nagyobb cseppek pedig azok, amelyeket a légáram magával ragad a hűtővízből. A régebbi konstrukciójú hűtőtornyoknál a cseppveszteség nagy volt. A korszerű hűtőtornyokat kb. 1965 óta cseppleválasztóval látják el, így a cseppveszteség értéke általában a cirkuláltatott hűtővízmennyiség 0,01%-a. Az angliai Ratcliffe erőműben az eliminátorok módosítása után megfigyelték, hogy a szitálás mennyisége kisebb lett: kisebb távolságra és kisebb gyakorisággal fordult elő. 83% rel. nedv. alatt nem volt szitálás, útnedvesedés pedig csak esetenként, 98%-os rel. nedv. mellett fordult elő.

A *légkondenzációs száraz hűtőtornyok* működésének lényege, hogy hőátadás csak konvekcióval történik. A kondenzációs hő zárt rendszeren keresztül, megfelelő hőcserélőn át jut a környezetbe. „Jóságuk" attól függ, hogy a kondenzátor hőmérséklete, ill. a kondenzátornyomáshoz tartozó telítési hőmérséklet (T_t) mennyire közelíti meg a levegő száraz hőmérsékletét (T_e), vagyis jellemzésre a „belépő hőmérsékleti különbséget" (ϑ) alkalmazzák:

$$\vartheta = |T_t - T_e|$$

Nyáron a nedves hőcsere a döntő, vagyis a nedves torony használata a kedvezőbb, télen viszont a száraz hűtőtoronnyal biztosítható jobb vákuum. A száraz hűtőtornyok költségesebbek, mint a nedves hűtőtornyok, de a legfőbb előnyük az, hogy vízszegény helyekre telepíthetők, mivel nem kell a párolgó víz pótlását megoldani.

A *nedves-száraz hűtőtornyok* az előbbi két hűtőtoronytípus előnyös tulajdonságait próbáljuk egyesíteni.

Európában elsősorban természetes szellőzésű, ellenáramú nedves hűtőtornyokat használnak, amelyeket cseppleválasztó szerkezettel látnak el. A tornyok felső belső átmérője (D) átlagosan 110 – 125 m, magassága (h) kb. 110 – 130 m. A kiegészítő magasság (Δh) megmutatja, hogy az emelkedő fáklya középvonala milyen magasságban van a torony magasságához képest. A toronyban cirkuláltatott víz menynyisége pl. egy 200 MW-os erőmű esetén 200 000 m³/h, ugyanakkor az elpárolgó víz mennyisége 4000 t/h. A toronyra jellemző a kiáramló gőz térfogata (V_{tot}), a sebessége (v), amely átlagosan 3 m/s, a hőmérséklete (T_e), amely átlagosan 25 °C. Igen fontos tényező a tornyok hőterhelése (Q_E), ami az erőmű teljesítményének (Q) kb. a 16-od része tornyonként. A környező levegő hőmérséklete (T_a), a torony magasságában a szél sebessége (u). A látható fáklya hossza (L), a csapadék (P). Egy-egy erőműhöz általában 2 – 3 hűtőtorony tartozik.

A nedves hűtőtornyok hatása a környezetre

A vízügyi hatóságok egyre szigorúbb követelmények támasztásával behatárolják a felszíni vízekbe történő hőkibocsátás mértékét, így a hűtőtornyokét is, amelyek az erőművek hulladékhőjét emésztik fel. A hűtőtorony két módon is kapcsolatban van a környezettel: a vízfölösleg a felszíni vízekbe kerül, ill. páradús meleg levegőt juttat a légkörbe.

A hűtőtorony hatását a környezetre elsősorban felszín közeli légrétegben fejti ki. E réteg magassága néhány métertől akár 2000 méterig is terjedhet. Szinte minden időjárási és működési helyzetben látható a torony fölött egy kondenzálódott, vízcseppekből álló fehér színű fáklya. Fáklya akkor képződik, amikor a tornyot elhagyó meleg, nedves levegő keveredik a környező hideg levegővel. A keveredés túltelítettséghez és kis vízcseppek képződéséhez vezet. A fáklya élettartama akkor lesz hosszú, ha a környező levegő telítési hiánya kicsi. A csóva hamar elpárolog kis relatív nedvesség és magas hőmérséklet esetén. Ha viszont a szélsebesség kicsi, de a relatív nedvesség nagy és a környező levegő hő-

mérséklete alacsony, akkor a fáklya igen sűrű is lehet és több kilométer hosszúságban terjedhet ki a torony lee oldalán.

A teljesítmény növelésekor a fáklya hossza is nő. Megfigyelések szerint a blokkteljesítmény kétszeres növelése a látható fáklyahosszat csak kb. 40%-kal hosszabbítja meg. A szélsebesség kétféleképpen befolyásolja a hűtőtorony környezeti hatását: egyrészt párát, permetet szállít, másrészt a hűtőtorony légmozgására aerodinamikai hatást fejt ki. Minél nagyobb a szélsebesség, annál kevésbé emelkedik fel a pára. Nagy szélsebesség esetén a pára jobban hígul, ezért kisebb az esély a ködképződésre.

Az aerodinamikai hatás nemcsak a szél sebességétől[1], hanem a torony szerkezetétől, méreteitől, a környező épületektől, a felszín érdességétől is függ. Egy adott helyen azonban a szélsebességgel együtt az aerodinamikai hatás is nő. Ez a domborzati hatások miatt a széliránynak is függvénye lehet.

A fáklyák viselkedését és gyakoriságát fényképfelvételek segítségével figyelték meg. 12 hónapos periódusban naponta készítettek felvételeket az angliai Ratcliffe on Soan erőműben. Három kategóriába sorolták a fáklyákat: rövid, közepes, hosszú. A rövid fáklya hossza nem éri el a 300 métert, a közepes fáklyák 300 – 900 méter között vannak, a hosszú fáklyák pedig 900 méternél hosszabbak.

A környező levegő relatív nedvessége szerint is osztályozták a fáklyákat. Az *I. táblázat* 717 megfigyelés adatai alapján mutatja a fáklyáknak a hosszúság és a relatív nedvesség alapján történő osztályozását.

Hideg, ködös időben, amikor a fáklyákat a fényképeken nem tudták kivenni, akkor azokat hosszan elnyúlónak vették, ugyanis a megfigyelések szerint a köd feloszlása után a fáklyák láthatóvá váltak. A szélcsend esetén kialakuló vertikális fáklya gyakorisága kicsi. Ezt a ritkán előforduló jelenséget kísérleti úton tanulmányozni igen nehéz.

Abban az esetben, amikor a szél a tornyokat összekötő tengely irányába fúj, a gőzfáklyák összeolvadnak. Az első fáklya majdnem telíti a levegőt, mielőtt elérné a másikat. Ezt az egyesülést és megerősödést a toronycsoport okozza, mivel az önálló fáklyák sokkal rövidebbek.

Overcamp és *Hoult* tanulmányozták a fáklyákból történő csapadékhullást. Megállapították, hogy a vízcseppek tartózkodási ideje a gőzfáklyában sokkal kisebb, mint amennyi az esőcseppek kialakulásához szükséges. A fáklyában egyedül a kondenzáció következtében nem képződhetnek esőcseppek. Ha a fáklya a felszín közelébe kerül 1 mm/óra intenzitású szitálás is észlelhető. A csapadék mértéke a relatív nedvesség függvénye. A szitálás nagyon érzékenyen reagál a relatív nedvesség alakulására. 60%-nál kisebb relatív nedvesség esetén a cseppek elpárolognak, 80% felett erős a kicsapódás (7 mg/m² sec), 90% feletti értékeknél már útnedvesedés észlelhető.

Mérések szerint a szitálás mértéke a toronytól vett távolsággal változott. A szitálás maximumát a toronytól 200 – 400 m-re figyelték meg. A távolságot – a szélsebességtől függően – a cseppnek a torony magasságából való leesési ideje és a szélsebesség szorzata adja meg. Erős hatást kifejtő fáklya esetén a csapadék általában a torony magasságának 2 – 4 szeresével megegyező távolságban (200 – 400 m) éri el a talajt.

A keletkező csapadék mennyisége a környezeti levegő hőmérsékletétől (T_a), rela-

I. TÁBLÁZAT

A fáklyák százalékos megoszlása [1]

Relatív nedvesség (RH) csoportok	Fáklyahossz-osztályok			Σ
	rövid 300 m	közepes 300 – 900 m	hosszú 900 m	
alacsony < 75% RH	46	2	0	48
közepes 75 – 90% RH	10	13	11	34
magas > 90% RH	3	3	15	18
Σ	56	18	26	100

tív nedvességétől *(RH)* és a fáklya hőmérsékletétől *(T_f)* függ. Ha

$$T_a = -10\,^\circ\mathrm{C},\ RH = 90\%,\ T_f = 30\,^\circ\mathrm{C},$$

akkor a csapadék mennyisége: 0,1 mm/ó;

$$T_a = 10\,^\circ\mathrm{C}, RH = 90\%,\ T_f = 30\,^\circ\mathrm{C}$$

esetén pedig a csapadék mennyisége 0,01 mm/ó.

A hűtőtoronyból csepp formájában távozó víz a cirkuláltatott víz 0,01%-a A cseppek térfogatszázalékának nagyság szerinti eloszlását *Balcke-Dürr* szerint [14] a *II. táblázat* mutatja.

II. TÁBLÁZAT

A cseppek nagyság szerinti eloszlása

Cseppátmérő	>5	>3	>2	>1	>0,6 mm
Térfogat	1	40	65	95	99%

A hűtőtornyokból felszabaduló hő és pára létrehozhat Cu-felhőket. Ez a jelenség általában labilis légrétegződés esetén fordul elő. Nyáron a cumulusképződés felgyorsulhat és így a délutáni zápor előbb következhet be. A hűtőtornyok környezetében délelőtti cumulusképződést is gyakran korábban figyelték meg.

A hűtőtorony gőzcsóvája hat a környező terület mikroklímájára is, de az általános hiedelemmel szemben ez a hatás igen csekély. Egyes szerzők szerint [6] egy 600 MW-os hűtőtorony 1000 méteres környezetén belül az évi átlagos hőmérsékletnövekedés 0,1 °C-nál nem volt nagyobb, és a levegő relatív nedvessége sem nő évi átlagban 0,1%-nál nagyobb mértékben. A párafelhő árnyékoló hatása következtében a napfénytartam csökken ugyan, de a napsütéses napokon ez csak néhány percre tehető. A hűtőtornyok által kibocsátott vízpára és a keletkező vízcseppek kölcsönhatásba lépnek a levegőben található ártalmas szennyezőanyagokkal. Ilyen szennyezőanyagot bocsátanak ki például a szomszédos kémények, vagy más ipari létesítmények. A vízcseppek a kéndioxid káros hatását megnövelik, savas köd jöhet létre. Ha a vízcseppek gázokat, vagy aeroszolokat nyelnek el, akkor súlyuk megnövekszik, s így a kibocsátó forráshoz közelebb ülepednek le. Ily módon az ülepedés helyén a szóban forgó anyagok talajközeli koncentrációja lényegesen megnő, s a keletkező maximális szennyezőhatás az eredetinek 2 – 2,5-szerese lesz [2]. Figyelembe kell venni azt is, hogy a szomszédos ipari forrásokból származó szennyezésnek közvetlen hatása van a vízpára kondenzálódására.

A természetes szellőzésű hűtőtornyok esetén a porlasztásnál, ill. a hűtővíznek a gyűjtőmedencébe való bezuhanásakor zaj keletkezik. Mivel a keletkezett zaj a nagyobb frekvenciatartományba esik, így a levegő nagymértékben csillapítja, vagyis a távolsággal erősen csökken a zajszint. A zaj csökkentésére különböző műszaki megoldásokat alkalmaznak a tornyon belül, illetve zajvédő falakat, növényi védősávokat telepítenek.

Műszakilag megoldható a tornyok magasságának továbbnövelése, de az ilyen tornyok nem illeszkednek be a tájba esztétikusan. Így inkább a tornyok számát növelik, vagy visszatérnek a természetes hűtésre.

A hűtőerőművek által kibocsátott vízpára rendkívül sűrű jégködképződést okozhat. Az ilyen ködök Alaszkában és egyéb sarkvidéki területeken is jelentékeny nehézségeket idéznek elő a közel fekvő repülőterek üzemeltetésében [2]. A keletkező nagy mennyiségű vízpára kondenzációja és az ennek következtében beálló ködképződés a délebbre fekvő területeken is előidézheti a távvezetékek jegesedését, valamint síkosság keletkezését a közeli utakon.

A gőzfáklya terjedésének és a talajnedvesítő hatás mértékének meteorológiai szimulálása

A kondenzációs fáklya hatásának és a belőle kihulló csapadék meghatározására különböző modelleket dolgoztak ki. Ezek a modellek a torony tetején a kiáramló meleg levegő termodinamikai állapotát és a környező levegő meteorológiai feltételeit veszik figyelembe.

Megfigyelések szerint – adott meteorológiai feltételek esetén – a fáklya hossza *(L)* arányos a kibocsátott nedves levegőáram mennyiségével *(V)*.

Baker számítási módszere ferde emelkedésű, ill. vízszintes kiterjedésű fáklyák ($u \gtrsim 0$) esetén, és a relatív nedvesség 90% körüli értékeire használható. Empirikus egyenlete a hűtőtorony fáklyahosszának meghatározására [16]:

$$L = \frac{2}{\Theta} \cdot \sqrt{\frac{V}{\eta u}} \cdot \sqrt{\frac{T_s - T_a}{T_e - T_a} - 1} \qquad (1)$$

V [m³/sec] – a toronyból kiáramló nedves levegő térfogata

T_a, T_s, T_e [°K] – a környező, a torony tetején kilépő, ill. a fáklya látható végénél a levegő hőmérséklete

η – állandó

Θ [rad] – a látható fáklya horizontális kiterjedésének a félszöge.

V értéke a toronyra jellemző, csak a hőterhelés *(Q)* függvénye. A torony szintjén a szél sebessége *(u)* és a környező levegő hőmérséklete közvetlenül mérhetők.

T_s általában 25 – 30°C, Θ értéke függ a stabilitási kategória értékeitől, azaz a turbulenciától. A fáklya látható végénél a levegő hőmérséklete a környező levegő hőmérsékletének, a relatív nedvességnek és a fáklya telítési hőmérsékletének ismeretében meghatározható.

A kondenzációs fáklya hosszának számítására 1969-ben *Smith* és *Agee* megfigyeléseik alapján a (2) egyenletet állították fel, amelyben β = Deacon állandó.

$$L = \frac{T_s - T_e}{dT/dx} \frac{u}{10} \frac{(RH)^2}{\beta} \tag{2}$$

A dT/dx kifejezést *Hess* adta meg a konvektív légmozgások tanulmányozása alapján. Ez az összefüggés megmutatja a környező levegőnek a fáklyába történő beáramlása által okozott hőmérsékletváltozását:

$$-\frac{dT}{dx} = \frac{E(T_s - T_a) + \frac{L^*}{c_p}(m_e - m)}{1 + \frac{\varepsilon L^{*2}\, m_e}{c_p\, R_d\, T_s^2}} \tag{3}$$

E – besodródási arány, becslések szerint $(1 + u/v)$-vel egyenlő
L^* [Joule/kg] – a párolgás latens hője
c_p [kcal/kg°C] – a levegő állandó nyomáson vett fajhője
m_e [kg víz/kg levegő] – keveredési arány a torony kijáratánál
m [kg víz/kg levegő] – a környező levegővel való keveredési arány
ε – a levegő és a víz specifikus gázállandójának aránya. Értéke 0,622.
R_d [kcal/kg°C] – a száraz levegő gázállandója

A fenti megfontolások alapján két új egyenletet állítottak fel. Az első 1 m/sec alatti szél esetére érvényes:

$$L = 4{,}5 \cdot \left[16{,}7 - 2{,}6 \cdot \frac{(T_s - T_a)}{-dT/dx} + (p - 1000) - 1{,}3\left(\frac{-dT}{dx}\right) \right] \tag{4}$$

$-dT\,dx$-et (3) alapján határozhatjuk meg, p [mb] a légnyomást jelenti. 1 m/sec-nál erősebb szelek esetén már a következő egyenlet érvényes:

$$L = 1000 \left[\frac{V}{\pi \sigma_{yz} \sigma u_z} \right]^{-0{,}4} \tag{5}$$

A kritikus hígulási tényező (F_c) fogalmának bevezetése lehetővé tette egy újabb modell kidolgozását [1], amely már a tornyok számát, helyzetét, a szél irányát és nagyságát is figyelembe veszi. F_c megadja a nedves levegő végső térfogatának viszonyát az eredetihez. Feltételezték, hogy a tornyot elhagyó meleg levegő éppen telített. Mivel kondenzáció minden toronyban lejátszódik, ezért mindig van látható fáklya. Ennek oka részben a hőmérsékleti gradiens, részben a hideg levegővel való keveredés, részben pedig a toronyban lejátszódó hőátviteli folyamat. A fáklya a torony magasságában uralkodó átlagos áramlási irányban terjed. Az N tagú toronycsoportból kilépő fáklyák összeolvadnak. Az egyesült fáklya hossza:

$$L = \frac{180}{\pi \sqrt{\Theta_1 \Theta_2}} \cdot \sqrt{\frac{V_{tot}}{\pi u} \left[(F_c - 1 + \gamma)^{1/2} - \gamma^{1/2} \right]} \tag{6}$$

ahol

$$\gamma = \frac{\left(n_1 + \frac{n_2 \Theta_1 v}{\Theta_2 u} \right)^2}{\frac{4N\Theta_1\, v}{\Theta_2 u}} \tag{7}$$

Θ_1, Θ_2 [rad] – a kiterjedés félszöge vertikális, ill. horizontális irányban
V_{tot} [m³/sec] – a tornyokból kiáramló nedves levegő térfogata
n_1, n_2 – a szél irányában és az arra merőleges irányban levő tornyok száma.

A fáklyahossz felső határát $\gamma = 1$ esetén kapjuk meg. V_{tot} a torony paraméterei alapján kiszámítható:

$$V_{tot} = N \frac{D^2 \pi}{4} \cdot v \tag{8}$$

ahol N – az összes torony száma. (6) alkalmazásához a kiterjedés félszögeinek becslésére van szükség. *Pasquill* szerint:

$$\Theta_1 = \frac{40^\circ}{S} \text{ és } \Theta_2 = 0{,}3\Theta_1, \tag{9}$$

ahol S a stabilitási kategória számszerű értéke. Ha figyelembe vesszük a szélnek egy kitüntetett iránnyal bezárt szögét (ψ), akkor a következő egyenletek adják meg a szél irányában (n_1) és az arra merőleges irányban levő toronyok számát (n_2):

$$n_1 = (N_1^2 \cos^2\psi + N_2^2 \sin^2\psi)^{1/2} \tag{10a}$$

$$n_2 = N/n_1 \tag{10b}$$

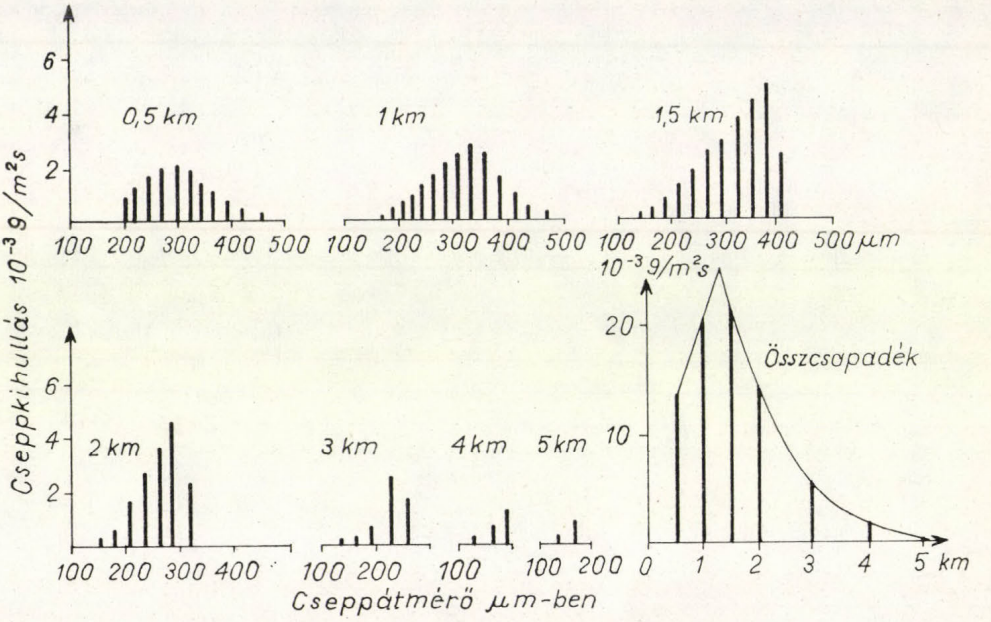
A fáklya emelkedésének ismerete igen

fontos tényező. A különböző kéményekből füstfáklyáinak terjedését több szerző vizsgálta. A *Nárai* [10] által végzett összehasonlítás megállapítja, hogy a *Briggs* egyenlet bizonyul a legalkalmasabbnak nagy kéménymagasságok és nagy kilépési hőmérsékletek esetén. Kisebb kiáramlási sebességű és kisebb kilépési hőmérsékletű gőz-

x [m] – a szél alatti távolság a két legközelebbi torony középpontjából a mérési pontig

h [m] – a torony magassága

A hőkibocsátást (Q) a teljesítmény 1/16-od részének vették tornyonként. Gyenge szelek esetén (<5 m/s) a fáklyaemelkedési modell jól írja le a fáklya viselkedését.



1. ábra: A különböző távolságra lehulló csapadék mennyisége a cseppátmérő függvényében [7]

fáklya emelkedésének a számítására formulát *Moore* dolgozott ki gőzfáklya megfigyelések adatai alapján [11]

$$\Delta h = 2{,}25 \left(\frac{\Delta T}{110}\right)^{\frac{1}{8}} \frac{Q^{\frac{1}{4}} X^{*\frac{5}{4}}}{u} \qquad (11a)$$

$$X^* = \frac{X\, X_T}{(X_T^2 + X^2)^{1/2}} \qquad (11b)$$

$$X_T = \frac{120\, u}{\left[\Delta\Theta + \left(\frac{120u}{1920} + 19 \cdot 2\, h\right)^2\right]^{1/2}} \qquad (11c)$$

Δh [m] – a fáklyaemelkedés

ΔT [°K] – a fáklya hőmérséklete és a környező levegő hőmérsékletének különbsége

$\Delta\Theta$ [C/100 m] – potenciális hőmérsékleti gradiens a hűtőtorony teteje felett

Ha az L távolságban lehulló csapadék tömegfluxusa P, *Foster*-szerint [7]:

$$P = \varphi(R, L) \cdot M(R)\, dR \cdot dW \cdot dL, \qquad (12)$$

ahol

$$\varphi(R, L) = [\pi \cdot R(O) R(L)]^{-1} \left(\frac{\partial L}{\partial h}\right)^{-1}_{R} \left[\frac{R\,(R, h)}{R}\right]^3 \qquad (13)$$

R a cseppek sugara, h a torony magassága. Mivel $dWdL$ azt a területet jelöli, amelyre a cseppek lehullanak és $M(R)\, dR$ azok kezdeti teljes tömegfluxusát a fáklyában, a $\Phi\,(R, L)$ kifejezést úgy határozhatjuk meg, mint a fáklya csapadékmennyiségi együtthatóját. Az *1. ábra* a különböző cseppnagyságokból keletkező csapadékmennyiséget adja meg a toronytól különböző távolságokra. [7]. A jobb oldali alsó görbe az összes csapadékra vonatkozik.

A *Baker* modell előnye, hogy bár egyszerű, mégis kellőképpen figyelembe veszi a levegő nedvességét T_s segítségével. Θ értéke erősen stabil levegő esetén nem

haladja meg a 10°-ot, labilis helyzetben pedig meghaladhatja a 60°-ot is.

Smith és *Agee* empirikus egyenlete jóval több tényezőt vesz figyelembe. A hőmérséglet-különbségek mellett a hőmérsékleti gradiensre $(-dT/dx)$ is tekintettel van, amely magába foglalja a fáklya kiterjedésekor a besodródás következtében fellépő hőmérséklet kiegyenlítődést, ugyanakkor tükrözi a levegő relatív nedvességének fontos szerepét a fáklya hosszának változásában.

A számítások megmutatták, hogy 5%-os szignifikancia szinten jelentős eltérés van a *Baker*-becslés és a megfigyelt adatok között. A (4) egyenlet egy hosszabb periódus átlagos, fáklyahosszának becslésére szolgál (5%-os szignifikancia szinten nem volt jelentős eltérés a megfigyelések átlaga és az egyenletek átlagbecslése között). Igen alkalmas napi, havi átlagok becslésére.

Szélcsend és gyenge szelek esetén eddig nem volt modellezhető a kondenzációs fáklya. Az (5) egyenlet lehetővé teszi az 1 m/s szélerősséget el nem érő esetek tanulmányozását és a hőmérsékleti gradiensen kívül a nyomást is figyelembe veszi. (5) egyenlet az 1 m/s alatti gyenge és változó erejű szélsebességek és 65%-os relatív nedvességnél magasabb értékek esetén használható. A megfigyelt adatok változásának 85%-át 95%-os szignifikancia szinten tudja leírni. (6) egyenlet igen jól kezelhető. Itt találkozunk először a σ_y, σ_z paraméterekkel, melyek figyelembe veszik, hogy a pára milyen mértékben szóródik az y, z irányba. A függőleges szóródás igen erős labilis rétegződés esetén (a fáklya megrövidül). Stabilis légrétegződés esetén a függőleges szóródás mértéke a távolsággal mintegy lineárisan nő. Ez a helyzet kedvezően hat a hosszú fáklyák kialakulására [13]. Az (5) egyenlet alapján számított értékek és a megfigyelt adatok regressziós koefficiense 0,9 volt, de nem próbálták ki 280°K-nél alacsonyabb és 2,5 m/s-nél erősebb szelek esetén.

Az egyik legkomplexebb szimulálást *Moore* és *Barber* végezte. A modell lehetővé teszi a gőzfáklya emelkedésének, kiterjedésének (hosszának), ill. a csapadékhullás mértékének a tanulmányozását. A kiterjedés a Θ_1, Θ_2 félszögektől is függ, nem csak a hőmérsékleti tagtól, ill. a torony állandóktól. Bár hasonlók a σ_y, σ_z paraméterekhez, használatuk azért nehézkes, mivel becsülni kell őket. Modelljében először találkozunk a közel fekvő hűtőtornyok egymásra hatásával. A tornyok számának, helyzetének, irányítottságának figyelembevétele lehetővé teszi különböző irányú és nagyságú szelek esetén a becslést. A (6) egyenlet (mivel jelentős szórása volt) a fáklyák csoportbasorolásához használható fel. A számított értékek 80%-a a megfelelő csoportba tartozik. A fáklyaemelkedési modell igen jól írja le a viszonylag alacsony kiáramlási hőmérséklettel és sebességgel rendelkező fáklya viselkedését 5 m/sec szélerősségig.

A modell figyelmen kívül hagyja a torony által keltett mechanikus turbulenciát, s azt hogy a torony közelében kihulló cseppek szívóhatás alá kerülhetnek, így növekedhet a torony közelében kihulló cseppek száma. A csapadék kihulásának maximuma néha 1 km-en túl, de néha már 500 m-nél megfigyelhető. Nagy hűtőtornyok esetén, ha az eliminátorok nem megfelelően működnek, akkor 5 km-ig is észlelhető a csapadék.

A gőzcsóva előfordulását és a cseppek kihullásának mértékét a KLFI Levegőminőség-kutató Osztálya is vizsgálta a létesítendő Dunántúli Erőmű (Bicske) környezetében. Vizsgálatuk során megállapítják, hogy 200 m távolságban kell leggyakrabban a nagy cseppek kihullására számítani – főleg a téli időszakban. A tornyokból délnyugati irányban elterülő szektorban várható szitálás 1100 óra/év gyakorisággal. A szitálás várható maximális értéke: 24 mg/m² sec. A gőzcsóva 300 – 400 m távolságban éri el a talajt, főleg a délnyugati területen.

A hűtőtornyok környezeti hatását jelentős mértékben befolyásolni elsősorban a technikai berendezések fejlesztésével lehet. Megfelelő cseppleválasztó berendezések alkalmazása esetén a hűtőtorony környezetében keletkező szitálás lényegesen csökkenthető. Ugyanakkor más vonatkozások – a kondenzációs fáklya keletkezése, a hőkibocsátás stb. – technikai berendezések tökéletesítésével nem szüntethető meg.

A modellezés jelenlegi feladata a technikai adottságoktól függő cseppkibocsátás esetén várható levegőkörnyezeti hatások megállapítása, ill. a hűtőtornyok és az általuk várhatóan befolyásolt létesítmények, transzformátorállomások, közeli forgalmas utak, esetleg repülőterek elhelyezésének az optimalizálása.

IRODALOM

[1] Barber F. R., Martin A, Shepherd J. G, Spurr G. (1974): „The persistence of plumes from natural draught cooling towers" Atm. Env. 1974. Vol. 8. pp. 407 – 418.

[2] Берлянд 1975 : „Распространение в атмосфере промышленых выбросов влаги и их влияние на рассеивание примесей" Гидролия и метеорология. № 4. 1975.

[3] "Effects of scale of discharges of heat into the atmosphere; incidence on choice of sites for power stations" – Seminar on environmental aspects of the cooling systems of the thermal power stations Zurich 13 – 16. V. 1974.

[4] "Environmental consequences of wet air coolers" – Seminar on environmental aspects of the cooling systems of the thermal power stations Zurich 13 – 16. V. 1974.

[5] "Environmental consequences of spray cooling systems" – Seminar on enviromental aspects of the cooling systems of the thermal power stations Zurich 13 – 16. 1974.

[6] Fenyves I. (1976): „Korszerű erőművi hűtőtornyok" NIMDOK 1976. 5. szám.

[7] Foster P. M. (1974'): "Calculation of droplet fallout from cooling tower plumes" Atm. Env. 1974. Vol. 8. pp. 393 – 402.

[8] Haman K. – Nilwiadomski M.: „Wpływ chlodni kominowych na srodowisko atmosferyczne". Energetyka 29. kötet 10. szám 308 – 312.

[9] Henning H. (1976): „Nass –, Halbtrocken- und Trockenkühltürme". Jahrbuch des Dampferzeugungstechnik 3. Ausgabe. 5 – 38. Vulkan-Verlag (Essen)

[10] Nárai K. (1974): „Az effektív kéménymagasság meghatározása" Időjárás, 78. évf. 4. sz. 240 – 246. o.

[11] Moore D. J. (1974): "The prediction of the rise of cooling tower plumes" Atm. Env. 1974. Vol. 8. pp. 403 – 306.

[12] Ott W. (1973): „Ein physikalisch – numerisches Modell zur Bestimmung der meteorologischen umwelt beein flussung durch Kühltürme". Met. Rundschau 1973. VII/VIII. 97 – 103.

[13] Szepesi D. (1967): „Légszennyező anyagok turbulens diffúziójának meteorológiai feltételei Magyarországon" OMSZ Hivatalos Kiadványok XXXII. kötet.

[14] „Szakvélemény a Dunántúli Gyűjtőerőmű környezetszennyezésére." KLFI. Levegőminőség-kutató Osztály 1976.

[15] Vladea J., Oancea N. D. (1970): „Der termische Gütegrad von Kühltürmen" BWK. 22. kötet 3. szám.

[16] Westlin P, Brenchley D, Smith P. (1976): "An empirical study of the length of cooling tower plumes" Purdue University

IRODALOM

KRAUS, E. B.: **Atmosphere-Ocean Interaction.** Clarendon Press, Oxford, 1972. BJUTNER és DUBOV *(szerk.)* **Vzaimogyejsztvie atmoszferü i okeana** *(A légkör és az óceán kölcsönhatása)* Gidrometeoizdat, 1976. Leningrád, 295. oldal.

A több mint egy évtizede Angliából az USA-ba áttelepült *Kraus* professzor speciális kollégiumának anyagát tartalmazza a könyv, amelyet a MIAMI egyetemen meteorológus, fizikai óceanográfus és mérnök-fizikus hallgatóknak adott elő.

A kölcsönhatás széles problémaköre napjainkban mind a meteorológusok, mind az óceanológusok figyelmének középpontjában áll, ezért tarthat érdeklődésre számot nálunk is *Kraus* monográfiája, amely az óceánt és a légkört kölcsönösen ható és kölcsönösen függő rendszerként mutatja be. A könyv tartalmazza a szerző eredeti munkáinak (mintegy hét nagyobb dolgozat) főbb eredményeit és azon a kutatások kritikai analízisét, amelyek az utóbbi másfél évtizedben jelentek meg a következő témákból: a kisléptékű kölcsönhatás folyamatai víz-levegő határfelszín közelében; a vízfelszín és az óceán felső rétegeinek szerkezete; a sugárzásátvitel és a nagyléptékű kölcsönhatás folyamatai.

A saját eredmények és az átvett ismeretek sajátos, egyéni látásmódot tükröző műben ötvöződnek. A könyv fejezetei: 1. Alapismeretek, 2. Az anyag állapota a két közeget elválasztó felszín közelében. 3. Sugárzás. 4. Felszíni hullámok. 5. Turbulens átvitel a határfelszín közelében. 6. Planetáris határréteg. 7. Háromdimenziós kölcsönhatások.

Sajnálatos a szerző tartózkodása az ábráktól. Az ábraanyag szegényessége nem könnyíti meg az egyébként is nehéz olvasmány megértését.

Az 1976-os leningrádi kiadás kiegészítő, orosz nyelvű szakirodalmi összeállítást is tartalmaz, ezzel is gazdagítva a könyv tartalmát.

Felméry László

REUTER, H.: **Die Wettervorhersage** *(Az időjárás előrejelzése)* Springer Verlag Wien—New York 1976. 208 old. 57 ábra. 17 táblázat. Ára 2142 Ft.

A mű szerzője elérkezettnek látta az időt arra, hogy az 1954-ben megjelent hasonló témájú könyvét újjal pótolja. Az ismertetendő kézikönyvet azonban nem tekinthetjük a korábbi könyv második kiadásának, szerzője sem szánta annak, megtartotta azonban *H. Reuter* új művében az előző könyvében bevált jó módszert: az elmélet és a gyakorlat olyan ötvözetét, amely hasznos mind a teoretikusok, mind a gyakorlati szinoptikusok számára.

H. Reuter előszavában írt mondatával teljesen egyetértünk, még ma is van némi szakadék az elmélet és a napi gyakorlat között, s a szerző e szakadékot kívánja áthidalni, hozzátehetjük sikerrel.

A könyv három *A*, *B* és *C*-vel jelzett szakaszra oszlik.

Az *A)* szakaszban a szinoptikus állapottal és annak analízistechnikájával foglalkozik a szerző. Ez a szakasz – mint a többi is – nagyon tömör, de minden lényeges tudnivalót tartalmaz. Az időjárási térkép című paragrafusban az 1. ábrán láthatjuk azt a folyamatot, amellyel minden szinoptikumnak foglalkozni kell: a geofizikai hatások összességét és kölcsönös kapcsolatát. A nyomási – és áramlási –, a nyomásváltozási –, a hőmérsékleti és nedvességmezőkről írt paragrafusok anyaga rutinmunkának számíthatna, ha *Reuter* nem kapcsolná ezeket össze saját tapasztalatával és elméleti ismereteinek a gyakorlatba való átültetésének az igényével. A légtömegekről és a frontálzónákról, a divergencia és vorticity mezőről, a zonális indexről és szélprofilokról írt ismeretanyagot szinte lehetetlen lenne szemléletesebben tárgyalni. A szerző érzi azt is, hogy modern szinoptikus kézikönyv nem nélkülözheti a mesterséges holdak felhőanyaga szinoptikus felhasználhatóságának a leírását, bár e témakörből szívesen olvasnánk többet is, különösen az analízistechnika megvalósítása tekintetében.

A *B)* részben az előrejelzés szinoptikai módszereit külön bevezetővel látja el *H. Reuter*. Talán ez az a rész, amelyben legtöbbet megtartott korábbi művéből, vonatkozik ez mindenekelőtt a paragrafusok végén található igen világosan megfogalmazott szabályokra. A kinematikai extrapolációról, a magassági, a nyomási mezőről és ezeknek a talajnyomással való kapcsolatáról írt paragrafusok, jóllehet klasszikus ismereteknek számítanak, mégis új szemléletet tükröznek. A statisztikai és kvázistatisztikai prognózisoknak, a felhőzet és csapadék előrejelzési módszereinek az ismertetése jól tükrözik azt az előrelépést, ami ezen a téren az utóbbi időkben történt.

A *C)* rész megszövegezése jelenthetett legnagyobb gondot a szerzőnek, mivel ilyen természetű fejezetet minden dinamikus meteorológiai kézikönyv tartalmaz, tehát itt volt legnagyobb szüksége *H. Reuternak* az egyéni látásmódra. A fejezetek szemléletességük mellett azt is tükrözik, hogy a sorok írója pedagógiai szempontból is átgondolta a leírandó témát. A numerikus előrejelzés problematikáját feldolgozó jól sikerült részből is ki kell emelnünk a szűrési (Filterung) eljárásokat, és a ciklogenezissel foglalkozó paragrafusokat. Említést érdemel még a légköri szennyeződés kérdéseiről írt a 12. paragrafusban tárgyalt anyag. Ismereteink szerint ez az első kimondottan az időjárás előrejelzésével foglalkozó munka, amely a probléma szinoptikus szemléletű összefoglalására vállalkozott.

Rákóczi Ferenc — Dunkel Zoltán

ЗУЕВ, В. Е. (red): **Лазерное зондирование атмосферы** *(A légkör lézeres szondázása)*. Izdatyelsztvo Nauka Moszkva 1976, 156 old.

Lézer effektust 1960-ban észleltek először a Hughes kutató laboratóriumban rubin kristályon. Az azóta eltelt évek alatt a lézeres technika igen gyorsan fejlődött, alkalmazási területe szélesedett. A meteorológiai szakirodalomban a 60-as években jelentek meg a lézer alkalmazásaival foglalkozó első cikkek. Magyarországon 1977-ben üzembehelyeztek 2 db lézeres felhőalapmérő berendezést Budapest-Ferihegy repülőtéren (lézer-radar, lidar).

A légkör lézeres vizsgálata című könyvet 1976-ban adták ki a Szovjetunióban. A könyv a Szovjet Tudományos Akadémia szibériai Légköri Optikai Intézetében az 1972—73-ban végzett tudományos kutatások eredményeiről számol be. A kötetben 31 szerző 22 tanulmányát találjuk, nagy részük, kettő kivételével, több szerző közös munkája. A tanulmányok nagy figyelmet szentelnek a lézeres vizsgálatok elméleti — fizikai, matematikai — és gyakorlati kérdéseinek. Részletesen vizsgálják a mérések információ tartalmát és az interpretálás problémáját. A kiadvány felelős szerkesztője *V. E. Zuev*, a Szovjet Tudományos Akadémia levelezőtagja.

A kötet első tanulmányának címe: *„Az aeroszolok lézeres szondázásának elméleti alapjai"*. A tanulmány a lézeres kísérletek sajátosságait, lehetőségeit elemzi, algoritmust ad az aeroszolok optikai jellemzőinek, mikrostruktúrájának meghatározására, amelyben figyelembe veszi a polidiszperz aeroszolos szóródást. A *Lidar mérések információ tartalmának vizsgálata* és az *Optimális parametrizálás az aeroszolok lézeres felderítésénél* című tanulmányok a kísérleti eredmények interpretálásával foglalkoznak. Más dolgozatok az aeroszolok méreteloszlásának, a magassági profil meghatározásának és polarizációs tulajdonságainak kérdéseit tanulmányozzák. E témakörrel foglalkozó tanulmányok címei: *Az aeroszolrészecskék méret-eloszlásának kérdése, Az aeroszol optikai jellemzői profiljának meghatározása, A polarizációs mérések és az aeroszolok karakterisztikáinak kapcsolata*, valamint a *Lidar jel vizsgálata polarizációs módszerrel*. E fejezetekben ismertetik a lézeres lokációs egyenlet interációs megoldását és a nem stacionárius átviteli egyenlet numerikus megoldását.

Mint tudjuk a kísérletek előkészítésénél nagy figyelmet kell fordítani a megfelelő technikai feltételek kialakítására. Az *Aeroszolok rétegződésének lidar felderítése* című tanulmány a mérőrendszerek optimális tervezésével foglalkozik.

A lézeres kísérletek alapja tulajdonképpen a koherens sugárzás szóródásának vizsgálata. *A szórás molekuláris és aeroszolos komponenseinek megoszlása a légkör több frekvenciás lézeres vizsgálatainál* című tanulmány a megoszlás elméleti kérdéseit tárgyalja, levezetéseit a dolgozat végén, két hullámhosszra, numerikus számításokkal illusztrálja ($\lambda_1 = 0{,}69$ μm és $\lambda_2 = 1{,}06$ μm urbin, ill. neodimium-üveg lézer).

A szórás vizsgálatához kapcsolódó kísérleti eredményeket az *Optikai kvantumgenerátor sugárzás visszaverődésének mérése a légkörben $\lambda = 2{,}36$ μm hullámhosszon* valamint a *Lidar rendszerek kalibrálása $\lambda = 2{,}36$ μm hullámhosszon a légkör vizsgálatához* című tanulmányokban találjuk meg.

A monokromatikus lézer sugárzás jól felhasználható sebesség mérésre is. Ezzel a témakörrel foglalkozik a *Lézer-doppler sebességmérők osztályozása* és az *Alacsony szintű turbulenciák sebességkomponenseinek mérése* című tanulmány. Az előbbiben megtaláljuk a sebességmérő berendezéseknek a szakirodalom alapján elvégzett átfogó elemzését (69 db irodalmi hivatkozás). Az utóbbi tanulmány pedig bemutatja a sebességkomponensek mérését, de foglalkozik a mérési pontosság kérdésével is.

A tanulmányok között találhatók olyanok, amelyek a lézeres vizsgálatoknak az elméleti—fizikai, matematikai—kérdéseit elemzik, ezek a *Kiterjedt szóró közeg optikai lokációjának egyen-*

lete, Lineáris rendszerek a szóródás közelítő leírásában, Lidar jel fluktuációjának számítása Monte-Carlo módszerrel és a *Nemparametrikus statisztikai módszerek alkalmazása a lidar mérésekben* című tanulmányok. Az elsőként említett dolgozat a lézeres lokációs egyenlet általánosított alakját vezeti le, amelynél figyelembe veszi a lézer paramétereit.

A lidar hatótávolságának meghatározása című tanulmány a lézer hatótávolságát befolyásoló tényezőket elemzi és kiszámítja egy $\lambda = 0{,}69$ μm hullámhosszú lézer működési jellemzőit.

A könyv végén található tanulmányok segítségével megismerhetjük a lézeres vizsgálatok technikai eszközeit is. *A CO_2 lézer felhasználása a légkör vizsgálataiban* című tanulmány olyan berendezést mutat be, amely alkalmas az ózon, a vízgőz és a CO_2 koncentráció mérésére és felderítésére, a *Mérőeszköz a kiterjedt aeroszolos inhomogenitásokig történő távolságmérésre* című dolgozat pedig kisterjedelmű aeroszolok pl. füstök, ködök vizsgálatára használható berendezést ismertet. A *Táplálási rendszerek hatása a* FEU *működési jellemzőire* című tanulmány szintén technikai kérdésekkel foglalkozik. Mint tudjuk minden mérőberendezés legfontosabb eleme az érzékelő egység, ez a dolgozat a lézeres mérések érzékelő egységének – fotoelektromos erősítő – a működési karakterisztikáit vizsgálja.) FEU – a fotoelektromos erősítő rövidítése az orosz nyelvű szakirodalomban.)

Ajánlható a könyv a lézer technika alkalmazásai iránt érdeklődő meteorológusoknak és az érintett területekről származó kísérleti eredményeket figyelemmel kísérőknek.

Dombai Ferenc

VÁRKONYI T. (Szerk.): **A levegőszennyeződés.** Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1977. ISBN: 963 10 1378 2. 12, 25 A/5 ív, 53 ábra.

A megjelent mű a levegőtisztaság-védelmi alapismeretekből ad ízelítőt. Népszerű hangvétele nagyon alkalmassá teszi, hogy a levegőtisztaság-védelem különböző aspektusaira a határterületeken dolgozó szakemberek és a kérdés iránt érdeklődők figyelmét felhívja.

A mű hat fejezetre tagozódik, szerzői kollektíva munkájának eredményeként. Ennek tudható be, hogy az egyes fejezetek között a szorosabb összefüggés hiányzik.

Az első fejezet a légkörfizikai és a levegőkémiai alapfogalmakról nyújt jó áttekintést, *Mészáros Ernő* tollából. A légkör összetételével és szerkezetével, a légköri nyomanyagokkal és légkörből való kikerülésükkel foglalkozik. Sajnálnunk kell, hogy a levegőtisztaság-védelemnek ez a dinamikusan fejlődő és egyre fontosabbá váló területe csak 9 oldal terjedelemben szerepel.

A levegőszennyeződés általános kérdéseit *Várkonyi Tibor* írta le. E terjedelmében (39 oldal) is jelentős második fejezet részletesen taglalja a légszennyező anyagokat és jellemzőiket, városaink és településeink jelenlegi, hazai szennyezettségi helyzetét. Hogy az olvasó értékelni is tudja, összehasonlításként külföldi szennyezettség-adatokat is közöl.

A szennyeződés hatásait az élővilágra, az egészségre és az anyagi javakra (3. fejezet) mérsékelt terjedelemben (14 oldal) ugyancsak *Várkonyi Tibor* állította össze. A fejezet jó áttekintést ad a tárgyalt problémáról. A 3.1 táblázat magyarázata elmaradt, így nem tudni, hogy melyik növények tűrik jobban a szennyezettséget.

„A légszennyeződés-meteorológia" című, 12 oldalnyi fejezet *(Popovics Ivánné* és *Iványi Zsuzsa* munkája) az alapfogalmak leírására és magyarázatára szorítkozik. Részletezi a légszennyező-anyagok terjedését, illetve hígulását leíró diffúzióklimatológiai tényezőket, továbbá néhány munkaformulát közöl – elsősorban *Fekete Józsefné* munkája alapján – pontforrásból származó szennyezőanyagok transzmissziójának számítására. Területi, városi, regionális és kontinentális szennyezőfolyamatok leírása nem szerepel a műben.

A légszennyező anyagok különböző mérési módszereiről, a hazai mérőhálózatról ad bőséges tájékoztatást *Cziczó Tibor* és *Várkonyi Tibor* a 29 oldal terjedelmű ötödik fejezetben. E fejezet különösen értékes részének tartjuk a különböző szűrő-típusokról készült összeállítást.

A mű hatodik fejezete – *Várkonyi Tibor* összeállításában a „Levegőtisztaság-védelem" címet viseli. Terjedelme 21 oldal. A műszaki elhárítás, a területvédelem, a gazdasági, igazgatási-jogi vonatkozások témakörével foglalkozik és néhány sort szentel az oktatás és ismeretterjesztés problémájának is. Sajnálatos, hogy a mű korszerű nyomdai átfutási időtartama miatt (a kézirat 1975-ben készült) az igazgatási vonatkozásokkal foglalkozó részfejezet már érvényét vesztette.

A könyvhöz a fontosabb szakkifejezéseket értelmező függelék és közel 100 irodalmi hivatkozás csatlakozik.

Összefoglalásképpen megállapítható, hogy a *Várkonyi Tibor* szerkesztésében megjelent mű a hazai levegőtisztaság-védelem történetében hézagpótlónak tekinthető, kár hogy ilyen átfogó leíró jellegű könyv kiadására már 5–6 évvel korábban nem került sor.

Célszerűnek látszana, ha a Műszaki Kiadó Környezetvédelmi sorozatában a továbbiakban olyan speciálisabb művek kiadására kerülne sor, melyek kimondottan műszaki szemléletűek, és városok, régiók levegőminőségtervező gyakorlatában tervezési segédletként közvetlenül alkalmazhatók.

Szepesi Dezső

KÁDÁR LÁSZLÓ (szerk.): **Acta geographica et meteorologica Debrecina**, Tomus XIII., Debrecen 1974, 156 B/5 oldal.

A debreceni egyetem kiadványainak újabb, címében a korábbiaknál egyszerűbb, tartalmában azonban továbbra is magas mércét követő kötete egységes geonómiai szemléletet tükröz. Ez az egységes szemlélet ad lehetőséget arra, hogy egymástól időben is, térben is, de tudományfelosztás szempontjából is távol álló stúdiumokat harmónikusan kapcsolja össze. Nem engedve a csábításnak, hogy ezt a harmóniát a kötet anyagának részletes elemzése révén bemutassuk, e recenzió szűkre szabott terjedelme miatt mindössze azzal a néhány tanulmánnyal foglalkozunk, amelyek szorosan, vagy legalább is szorosabban kapcsolódnak a meteorológiához.

Bár *Budai Ézsaiás* latin eredetiben és hűséges magyar fordításban is közölt, 1794-ben írt értekezése *(Tanulmány azon okokról, melyek miatt a kultúra Európa északi részein a déliekhez képest késedelmesen fejlődött ki)* önmagában is érdeklődésünkre – éghajlatkutatókéra és általános meteorológusokéra egyaránt – tarthat számot, már csak az éghajlatnak a tárgyalt kérdésben játszott fontos szerepe miatt is, mégis ezt éppen úgy, mint a szerkesztő *Kádár L.* nagyon érdekes fejtegetéseit *(A tájak, zónák és földrajzi energiák* címűt), annak ellenére, hogy ezt is át- meg átszövi a meteorológia, kénytelenek vagyunk csak így megemlíteni, mert a kötet *csak meteorológiai tárgyú* tanulmánya legalább részletes tartalmi ismertetést igényel.

Ez a dolgozat *Justyák J.* és *Tar K.* műve (a kötet többi tanulmányához hasonlóan megérdemelt volna egy rövid magyarnyelvű összefoglalót) a különböző kitettségű lejtők közvetlen (direkt) és össz- (globál) sugárzását a vízszintes felületre eső sugárzás adataiból számítja ki egy jól megválasztott szorzó-tényező segítségével. A meghatározáshoz 1. a napkelte és a napnyugta közé eső időtartamot, 2. a lejtőre és a vízszintes felületre jutó direkt sugárzás intenzitásának arányát és végül 3. a direkt sugárzás napi intenzitás-összegeinek értékét használja fel. Végül egy délkeleti kitettségű lejtő (Bodrogszegi községtől ÉNy-ra kb. 4 km kiterjedésű területen) sugárzásviszonyai útján, mért és számított adatok segítségével bemutatja a módszer használhatóságát. A számított lejtő-sugárzásadatok a mértekkel szemben mindössze 0,5 – 5,1% között mozgó, nem jelentős többletet mutatnak. Igazat kell adnunk a szerzőknek, hogy módszerükkel a nagyon fáradságos és költséges, sokszor éppen ezek miatt az okok miatt meg sem valósítható vizsgálatokat mellőzve, kielégítő pontosságú adatokat nyerhetünk a mezőgazdasági termelés (főleg szőlő és gyümölcs) számára.

A kötet tisztán földrajzi tárgyú tanulmányai *(Pinczés Z., Kerényi A., Kurlenda Z.* munkái) szintén beillenek a bevezetőben említett geonómiai szemléletbe. *Félegyházi E.* ősföldrajzi és -éghajlati, nagyobb lélegzetű dolgozatával együtt jó és biztos keretet adnak a kötet meteorológus szerzőinek munkássága nyomán kidolgozott és bemutatott kutatási módszeréhez.

A magyar tudományos könyvkiadás és -nyomtatás ritkán mutathat fel e műhöz hasonló színvonalas, bonyolult színes ábrákat is tartalmazó kötetet. E tekintetben az érdem a szerkesztőn kívül nyilván a debreceni Alföldi Nyomdáé.

Kéri Menyhért

KRÓNIKA

METEOROLÓGIAI TUDOMÁNYOS NAPOK '77

Az MTA Föld- és Bányászati Tudományok Osztályának Meteorológiai Tudományos Bizottsága és az Országos Meteorológiai Szolgálat, 1977. november 10–11-én az MTA székházának nagytermében tartotta meg tudományos üléssorozatát.

Az ülésszakot az OMSZ „Marczell György" obszervatóriuma fennállásának 25. évfordulójának szentelték, így a volt „Marczell György" Obszervatórium, ma Központi Légkörfizikai Intézet kutatói tartották sorrendben a következő 13 előadást:

Antal Emánuel: Az éghajlati erőforrások hatása a terméshozamokra, *Kozma Ferenc – Füri József:* A csemegeszőlő hő- és vízháztartási rendszere, *Endrődi Gabriella:* A burgonya optimális evapotranspirációja és csapadékellátottsága Magyarországon, *Posza István:* Az időjárás hatása a műtrágyázott kukorica terméseredményére, *Tänczer Tibor:* Műholdak felhasználása az időjárás analínizésben, *Saikó János:* Az ionoszféra sajátosságai Magyarország felett, *Major György:* A légkör üvegháztartásának empirikus vizsgálata, *Miskolci Ferenc:* A légköri teljes ózontartalom műholdas meghatározása, *Mészáros Ernő:* A légköri kén-körfogalom tanulmányozásának jelentősége, *Horváth László:* A szulfátrészecskék keletkezésének mechanizmusa és kinetikája, *Mészárosné Nagy Ágnes:* A légköri szulfátrészecskék tulajdonságai, *Feketéné Nárai Katalin:* A kén-dioxid lokális méretű turbulens szóródása, *Szepesi Dezső:* A kénszennyeződés nagytávolságú transzmissziója.

„Meteorológiai Tudományos Napok" c. ülésszakot az Akadémián először 1975-ben az MTA alapításának 150., az MMT fennállásának 50. évfordulójának alkalmából igen ünnepélyes keretek között, nagyszámú meteorológus és egyéb érdeklődő részvételével tartották. 1976-ban is, amikor az MTA X. Osztályának hozzájárulásával a Meteorológiai Tudományos Napok" programja *osztályrendezvényként* először került megrendezésre, nagy érdeklődés kísérte az előadásokat. Az 1977. évi rendezvény – néhány kivételt nem tekintve – külső érdeklődést szinte egyáltalán nem váltott ki. Jelentősége így egy OMSZ házi referátumnál nem sokkal volt nagyobb, ami mindenképpen a szervezés hiányosságának tudható be.

Lőrincz A.

*

AZ MTA METEOROLÓGIAI TUDOMÁNYOS BIZOTTSÁGÁNAK ÜLÉSE

A Meteorológiai Tudományos Bizottság 1978. január 18-án *Czelnai Rudolf* elnökletével ülést tartott. Az ülés fő témája a talajmenti határréteg meteorológiai folyamatokban betöltött szerepének megvitatása volt. A tárgykör összeállítására létesített ad-hoc munkabizottság jelentését *Szász Gábor*, a Debreceni Agrártudományi Egyetem professzora terjesztette elő. A jelentés korreferensei *Antal Emánuel*, a Központi Légkörfizikai Intézet tudományos főosztályvezetője, *Justyák János*, a Kossuth Lajos Tudományegyetem meteorológiai tanszékének vezetője, *Péczely György*, a József Attila Tudományegyetem meteorológiai tanszékének vezetője voltak. A bizottság beható vita alapján a tárgykörrel kapcsolatos állásfoglalását az alábbi ajánlásokban rögzítette:

A bizottság szükségesnek tartja:

1. A légköri határrétegre vonatkozó elméleti meteorológiai ismeretek fokozott figyelembevételét az érintett alkalmazott kutatási és gyakorlati területeken felmerülő feladatok megoldásakor.

2. A magyarországi felszínek energia- és anyagforgalmára vonatkozó térképek kiadást.

3. A jellegzetes városi és természetes felszínek aerodinamikai tulajdonságainak megismerését és a vizsgálati eredmények rendszerezését.

4. A Prandtl-rétegben folytatandó rendszeres meteorológiai mérések céljából konkrét

mintaterek létesítését, ahol koordinált és egységes mikro-aerológiai észlelések végezhetők.

5. Olyan kísérleti műszerkonstrukciós tevékenység kezdeményezését, amelynek alapján hazánkban is megoldhatóvá válhat a 0 – 200 m közötti szélsebesség-profil mérése.

6. A légköri határréteggel foglalkozó kutatóhelyek közötti kapcsolat fokozottabb mértékű elmélyítését, elsősorban az eredmény-tájékoztatás irányában, az adaptációs lehetőségek kibővítése céljából.

7. A légköri határrétegben érvényesülő törvényszerűségek oktatásának beépítését az egyetemi tananyagba.

Külön napirendi pont keretében tárgyalta meg a bizottság az illetékességébe tartozó tudományterület szakkönyv-ellátottságának helyzetét. Megállapította, hogy az elmúlt 25 év alatt még a meteorológia klasszikus területeiről is csak elvétve jelent meg egy-egy szakkönyv. A rendelkezésre álló könyvek nagy hányada részben már elavult, ezért csak fenntartással használható, ugyanakkor szükség van az újabb kutatási eredmények rendszerezésére, továbbá az időközben kialakult új szakágazatok (radarmeteorológia, környezetvédelem, műhold-meteorológia stb.) egyre bővülő profiljának bemutatására is. A hazai szakriodalom helyzetének gyökeres javítását sürgeti az ELTE meteorológiai tanszékén meginduló önálló meteorológusképzés is. A helyzetfelmérés alapján a bizottság kialakította az 1978 – 1985-re vonatkozó középtávú könyvkiadási koncepcióját és javaslatot tett az Akadémiai Kiadó gondozásában megjelenő könyvekre.

A bizottság az 1978. évi munkaterve keretében az alábbi témakörök megvitatását tűzi napirendjére: 1. A hazai légkörfizikai kutatások helyzete. 2. A területfejlesztés meteorológiai vonatkozásai. 3. A meteorológiai szolgáltatások gazdasági hatékonyságának kérdései.

Bodolai I.

⁂

AZ MTA METEOROLÓGIAI TUDOMÁNYOS BIZOTTSÁG GARP-ALBIZOTTSÁGÁNAK ÜLÉSE

Az MTA/MTB GARP-albizottsága november 29-én tartotta meg 1977. évi utolsó ülését. Első napirendi pontként *Götz Gusztáv*, az albizottság elnöke tájékoztatást adott a GARP aktuális kérdéseiről. Ezek sorában a legnagyobb érdeklődésre az a két hír tarthat számot, hogy az Európai Űrkutatási Hivatal (ESA) 1977. november 22-én a kijelölt pályára (a 0°-os meridiánnak az egyenlítővel alkotott metszéspontja fölé) juttatta a METEOSAT – I. jelzésű geostacionárius műholdat, a Szovjetunió viszont – a korábbi tervekkel ellentétben – nem tudja biztosítani, hogy az általa felajánlott GOMS jelzésű geostacionárius műhold az FGGE során pályára (a 70°E meridián fölé) kerüljön. Mint ismeretes, e műhold tenné teljessé az FGGE alap megfigyelő rendszerét, s egyelőre tisztázatlan, hogy miképpen pótolják az így kieső, s különösen az Indiai-óceán térségében számottevő információkat.

Ezután az albizottság meghallgatta *Götz Gusztáv* tájékoztatóját a GARP hegykutatásokkal foglalkozó alprogramjának első tervező értekezletéről (Velence, 1977. október) és *Koltai Tamás* beszámolóját az FGGE adatkezelő rendszerének kialakításával foglalkozó munkacsoport üléséről (Norrköping, 1977. november).

Az albizottság felkérésére ezt követően *Dévényi Dezső* tartott áttekintő jellegű előadást a négydimenziós adatasszimiláció problémaköréből. Az előadó részletesen foglalkozott a meteorológiai műholdak, szabad aerosztátok és felszíni automatikus állomások (pl. vízfelszínen sodródó bóják, úszó jégtáblákra telepített mérőegységek stb.) által szolgáltatott, a korábbi szinoptikus információhoz képest időben és térben változó paraméterű információk problematikájával. A numerikus kísérletek – mint kezdeti érték feladatok – klasszikusan *egy adott időpontban* és meghatározott rácshálózaton igénylik a kérdéses meteorológiai mezők számszerű értékeit. Az említett korszerű megfigyelési eszközök mérései éppen csak a megfelelő asszimiláció után hasznosíthatók. A diszkrét és folytonos asszimilációs sémák, illetve a szükséges inicializálási eljárások vázlatos ismertetése után a négydimenziós adatasszimilációnak a GARP-ban betöltött szerepével foglalkozott. Az előadást rövid vita követte.

Faragó T.

⁂

MAGYAR SZAKEMBER AZ FGGE NORRKÖPINGI ADATKÖZPONTJÁBAN

1978. január 4-én a svéd meteorológiai és hidrológiai intézet norrköpingi központjába utazott *Koltai Tamás*, a Központi Meteorológiai Intézet Adatközponti Főosztályának tud. főmunkatársa, ahol hat hónapon keresztül szakértőként dolgozik majd az FGGE adatkezelő rendszerének végleges kialakításán. A norrköpingi központ az első globális GARP-kísérlet űrbázisú és speciális megfigyelő rendszerei által szolgáltatott II – b szintű adatállomány (a kutatási adatok) gyűjtésének, ellenőrzésének, feldolgozásának és tárolásának a funkcióját látja el. *Koltai Tamás* kiküldetése és útjának finanszírozása része annak az akciónak, amivel a Magyar Népköztársaság a globális GARP-kísérlethez hozzájárul.

Götz. G.

A SZLOVÁK HIDROMETEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT ÚJ LÉTESÍTMÉNYEINEK ÜNNEPÉLYES ÁTADÁSA

1977. december 14-én bensőséges ünnepség színhelye volt a Szlovák Hidrometeorológiai Szolgálatnak a *Kis Javornikon* (Maly Javorník) felépült s főként a radarmeteorológia elméleti és gyakorlati főhatóságának, a beruházó és a kivitelező szerveknek jelenlétében a főhatóság képviselője ünnepélyes külsőségek között átadta a kutatóbázis új, EC 1040-es rendszerű számítóközpontját az intézet igazgatójának *Dr. D. Podhorsky*-nak.

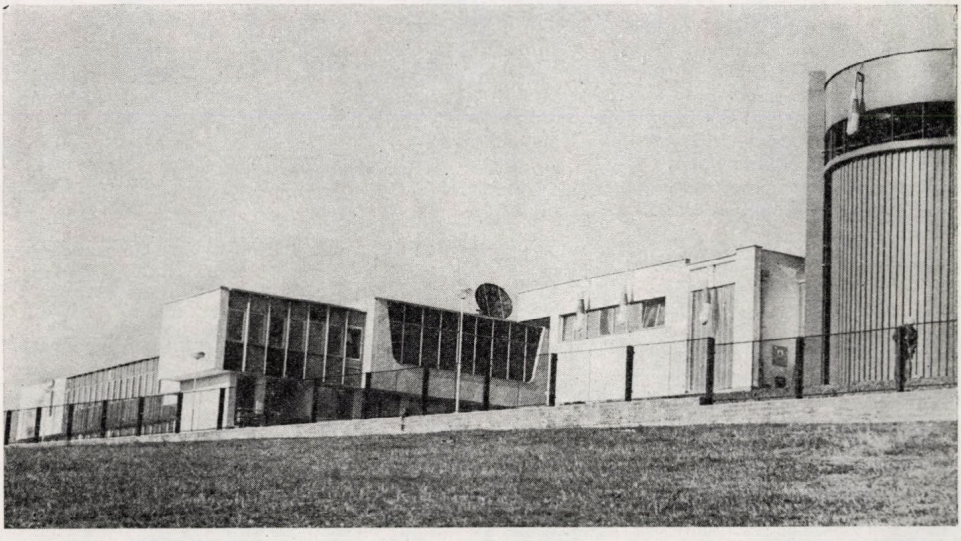
Az ünnepélyen *Doz. DrSc. F. Šamajnak*, a Szlovák Hidrometeorológiai Szolgálat igazgatójának meghívására az Országos Meteorológiai Szolgálat képviseletében részt vett *Czelnai Rudolf* akadémikus, a szolgálat elnöke, és *Béll Béla* akadémikus, a Magyar Meteorológiai Társaság elnöke. *Czelnai Rudolf* az OMSZ nevében üdvözölte a szomszéd, baráti szolgálat új létesítményét, dolgozóit, rámutatott a két szolgálat között kialakult kapcsolatok fontosságára és jövőbeli jelentőségére és átadta az OMSZ művészi kivitelű ajándékát: Budapest városát szimbolizáló iparművészalkotást.

A következő napon, december 15-én a Szlovák Hidrometeorológiai Szolgálat igazgatója bemutatta a magyar és a jugoszláv vendégeknek a pozsonyi repülőtéren *(Ivánka)* épülő új előrejelző központ székházát, amelynek beosztását, a központi szerteágazó feladatait az előrejelző szolgálat vezetője, *F. Molnár* ismertette. A bemutatást követően alkalom nyílt a jugoszláv, a magyar és a szlovák vezető szakemberek beható eszmecseréjére és további együttműködésük megbeszélésére is.

A harmadik napon, december 16-án Szlovákia legszebb tájainak érintésével népes küldöttség utazott Pozsonyból Poprádra, az ott létesült új *Aerológiai Obszervatórium* felavatására. A Szlovák Hidrometeorológiai Szolgálat, elnökének *Dr. F. Šamajnak* meghívására az ünnepélyen részt vett a Magyar Meteorológiai Társaság képviseletében *Dr. Béll Béla*, a Társaság elnöke s a felavatáskor a magyar meteorológusok nevében üdvözölte az Obszervatórium dolgozóit és vezetőjét *Dr. J. Pribis-t*. Az ünnepségen a Szlovák Hidrometeorológiai Szolgálat vezetőin, a szlovák meteorológiai kutató intézmények képviselőin kívül részt vettek jugoszláv meteorológusok, a főhatóság; a Csehszlovák Hidrometeorológiai Szolgálat, és a kivitelező vállalat képviselői.

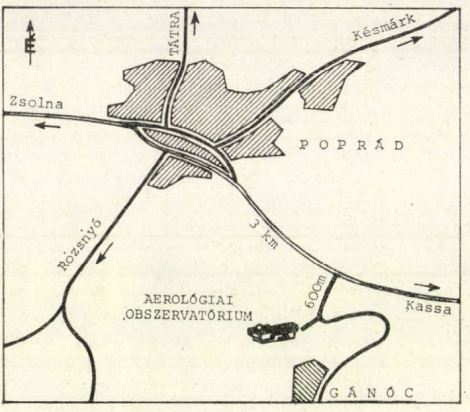
Az új Aerológiai Obszervatórium főfeladata rádiószondázás, aeroklimatológiai feldolgozások. Az új obszervatórium a régi aerológiai állomás (poprádi repülőtér) közelében *Gánovce*, gyógyforrásáról nevezetes gyógyfürdő jellegű helység közelében épült (vázlat). Az impozáns épület (kép) melléképületeivel (hangár, raktárak, szabadtéri mérőhelyek) korszerű technikai felszereléssel ellátott, kényelmes és reprezentatív, részleteiben művészi ízléssel berendezett otthona az aerológiai munkának és kutatásnak. Arról a megbecsüléséről tanúskodik, amelynek a szomszédos baráti országban a tudományos kutatás s ezen belül a meteorológia méltán örvend, s amely a folyamatos fejlődés biztosítéka.

A magyar meteorológusok jól ismerik, becsülik és gyakran felhasználják a poprádi



A Szlovák Hidrometeorológiai Szolgálat új aerológiai obszervatóriuma Poprádon

magaslégköri mérések eredményeit, amelyek a Kárpát-medence háromdimenziós éghajlatkutatásában nélkülözhetetlenek. Az első rádiószonda felszállást 1951. november 7-én hajtották végre Poprádon Väisälä-típusú rádiószondával (ugyanezt használtuk ebben az időben Magyarországon is).



A poprádi aerológiai obszervatórium környezetének vázlatos helyszínrajza

A rádiószondákat a nemzetközi határozatoknak megfelelően 1951. nov.7—1957. márc. 31. között a 03^h és 15^h főterminusokban (1956. okt. 1-től a 09^h mellékterminusban is) bocsátották fel, 1957. ápr. 1-től kezdve pedig a 00^h, $06^hú$ $12^hú$ 18^h terminusokban napi 4 rádiószonda-mérést végeztek.

Az Obszervatórium különösen alkalmas a közeli domborzat (Magas-Tátra) áramlásmódosító hatásainak tanulmányozására, valamint a hideg lefolyások, hideg légtavak, inverziók hatásának, tartósságának feloszlási körülményeinek aerológiai vizsgálatára, ezzel a ködhelyzetek, hóviszonyok, turisztikai szempontból jellegzetes időjárási helyzetek mezoszinoptikai előrejelzésére, regionálisan pedig a Kárpát-medence számos aeroklimatológiai kérdésének tisztázására.

Együttműködésünk az elmúlt évtizedekben mind szakmai, mind személyes vonatkozásában rendkívül szívélyes volt és nemcsak az adatok cseréjében, összehasonlításában nyilvánult meg, hanem műszerek, léggömbök kölcsönzésében is. Ez az együttműködési készség megnyilvánult azokban az eszmecserékben is, amelyeket az új obszervatórium avatásán módomban volt a szolgálat, ill. az obszervatórium vezetőjével folytatni.

Mindhárom létesítmény, amelynek átadásáról, ill. építéséről megemlékeztünk, jelentős segítséget jelent a Szlovák Hidrometeorológiai Szolgálat gyorsiramú fejlődésében, egyúttal azt a megbecsülést és a meteorológiai szolgáltatások magas értékelését is példázza, amelyet az állami szervek — megértvén a meteorológia gyakorlati fontosságát s ebben a kutatás jelentőségét — a meteorológia fejlesztésében tanúsítanak.

Béll Béla

⚹

AZ FGGE ADATKEZELŐ RENDSZERÉNEK KIALAKÍTÁSÁVAL FOGLALKOZÓ MUNKACSOPORT ÜLÉSE NORRKÖPINGBEN

Az Első Globális GARP-Kísérlet (FGGE) adatkezelő rendszerének kialakításával megbízott munkacsoport soron következő tervező értekezletét 1977. november 21. és 25. között Norrköpingben, a svéd meteorológiai és hidrológiai intézet rendezésében tartották meg, 11 ország 20 képviselőjének jelenlétében; az Országos Meteorológiai Szolgálatot az ülésen jelen sorok írója képviselte. Az értekezlet egyik célja az FGGE adatkezelő rendszerével kapcsolatos legutóbbi próbák eredményeinek egyeztetése és az adatfeldolgozó rendszer jelenlegi állapotának értékelése volt. A résztvevők az eddigi tesztek alapján arra a következtetésre jutottak, hogy az adatkezelő rendszer készenléti állapota kielégítőnek ítélhető meg. Nem történt döntés az adatminőség ellenőrzésének elvi és gyakorlati kérdéseiről, valamint konkrétan az FGGE leendő kutatási adatállománya (az ún. *II—b szintű adatok)* minőségének elbírálási elveiről: ennek a problémának a megvitatását az értekezlet az 1978 nyarán Angliában rendezendő ülés feladatává tette.

Az értekezlet másik programja az volt, hogy áttekintse és végső kiadásra kész formába hozza az *FGGE adatkezelési tervezet* c. tanulmányt. Ez a dokumentum — az FGGE kormányközi panel végrehajtó bizottságának a jóváhagyása után — *Az FGGE Végrehajtási és Operációs Tervezete* c. WMO/ICSU kiadványsorozat III. köteteként fog megjelenni.

Koltai T.

⚹

BIOMETEOROLÓGIAI TÉMAÉRTEKEZLET BERLINBEN

Az NDK Meteorológiai Szolgálatának Biometeorológiai Kutatóintézete a szocialista országok Hidrometeorológiai (Meteorológiai Szolgálatai V/XIV.) Igazgatói Konferenciájának ajánlására Berlinben, 1977. november 7—11-ig biometeorológiai programmegbeszélést tartott. A megbeszélésen Magyarországot *Bártfai Erzsébet, Kovács Pálné* és *Szakály József* képviselték. A szocialista országok képviselői kölcsönösen tájékoztatták egymást az országukban folyó munkáról. Mivel minden résztvevő a témaértekezlet előtt megkapta az

egyes országok beszámolóját, az előadóknak módjuk volt arra, hogy csak a legfontosabb biometeorológiai problémákat tárgyalják meg.

A Szovjetuniót a Taskentből érkezett *Ajzenstadt* képviselte, előadása szerint, kutatócsoportjukat az ember hőháztartásának kérdése foglalkoztatja, a szervezet viselkedését, alkalmazkodását vizsgálják, különböző hőkörnyezetben.

Baranovska a Lengyelországban működő orvosmeteorológusok képviseletében elmondta, hogy egyik fő feladatuk a gyógy- és üdülőhelyek klímájának jellemzése, 1974 óta pedig különös figyelmet fordítanak az időjárás és a közlekedési balesetek kapcsolatára is.

Szakály József röviden leírta a hazánkban megvalósítás előtt álló, orvos és meteorológus együttműködésére alapuló előrejelző szolgálat „tervezetét". A rendszeres előrejelzés készítésének módja iránt nagy érdeklődést mutattak a résztvevők.

Az NDK-ban folyó biometeorológiai kutatásokról *Hentschel* számolt be. Céljuk, hogy a gyógy- és üdülőhelyek biometeorológiai szempontból történő felmérésével a klímát minél hatékonyabban a gyógyítás szolgálatába állítsák. Sokirányú tevékenységük közé tartozik a halálozás évszakosságának vizsgálata is.

A programmegbeszélés második és harmadik napján megvitatták a beszámolókat, majd a résztvevők „javaslatot" dolgoztak ki a további együttműködésre.

Bártfai E.

*

TANÁCSKOZÁS AZ ÉGHAJLATINGADOZÁSOKRÓL

Az éghajlatingadozás tanulmányozása világszerte egyre inkább előtérbe kerül, s nem elsősorban tudományos érdekessége és a probléma megoldatlansága miatt, hanem azért, mert jelentős gazdasági kihatásai lehetnek. E kérdés fontosságát a szocialista országok Igazgatói Konferenciája is felismerte, s legutóbbi (Várna, 1976) ülésén javasolta, hogy kezdődjék meg az éghajlatingadozásokkal foglalkozó kutatások koordinálása és egységes szemlélet kidolgozása.

Ilyen előzmények után Leningrádban került sor az első értekezletre 1977. december 13—16 között. *M. I. Budyko* elnökletével bolgár, csehszlovák, lengyel, magyar, mongol és szovjet szakembere vettek részt az ülésen. Magyar résztől e sorok írója volt jelen.

Az ülés első két napján a résztvevők kölcsönösen tájékoztatták egymást az éghajlatingadozások vizsgálata terén országukban folyó kutatások helyzetéről, eddigi eredményekről. Ennek során tíz előadás hangzott el szovjet részről, majd öt nemzeti beszámoló.

Mint ismeretes, az antropogén hatások lokális skálán már régóta jelentkeznek (városok jellegzetes éghajlati sajátságai), a globális skálán, — amely az egész Föld éghajlatát befolyásolhatja —, szintén mutatkoznak egyirányú változások (CO_2 és aeroszol mennyiségének növekedése). Az elhangzott előadások az eddigi megfigyelések analízisével, s a jövőbeli változások lehetséges kimeneteleivel foglalkoztak.

Az ülés második felében a résztvevők megvitatták, hogy melyek az elsősorban megoldásra váró kérdések. E feladatok listáját az értekezlet az Igazgatói Konferencia elé terjeszti. Javasolja továbbá, hogy a meteorológiai szolgálatokon kívül más intézmények (akadémiai intézetek, egyetemi tanszékek stb.) is kapcsolódjanak be ebben a kutatómunkába.

Ambrózy P.

*

ELŐREJELZÉSI TANULMÁNYÚT FRANCIAORSZÁGBAN

A Központi Előrejelző Intézet igazgatóhelyetteseként 1977. szeptember 26-tól október 26-ig másodízben folytattam tanulmányokat a Francia Meteorológiai Szolgálat intézményeiben (Service Météorologique Métropolitain, SMM Paris; Établissement d'Études et de Recherches Météorologiques, Études en Atm. Libre, EAL, Magny-les Hameaux). Ez alkalommal elsősorban az előrejelzés területeinek néhány fontos oldalát és a kutatómunkához elengedhetetlenül fontos szinoptikus meteorológiai alapadatanyag archiválási eljárásainak jövőbeli lehetőségeit és módjait tekintettem át. (Fogadó szerv: a Francia Külügyminisztérium). Az SMM keretében működő prognosztikai főosztály hidrometeorológiai előrejelző részlegénél az árvízi készenléti szolgálat szervezetét, operatív működését és a riasztási mechanizmust tanulmányoztam.

A francia előrejelző apparátus nagy gondot fordít arra, hogy a mostmár csaknem kizárólagosan gépi modellezéssel levezetett előrejelzési térképanyag mind fejlettebb módszerekre alapozva kerüljön ki a felhasználókhoz. Ezért kialakították a szakmai fejlesztéssel foglalkozó részleget (PREVI/DEV). Ennek élén nagy elméleti és gyakorlati tapasztalattal rendelkező szakember *(M. Lepas)* áll. Bevezették azt a követelményt, hogy a technikai munkaerők részére is kötelező a gépi programozás ismerete. A részleg feladata az információk kontrolljától kezdve, azok rendszerbe sorolása és archiválásra történő előkészítésének programozása, mindennemű nemzetközi táviratforma dekódolása, az objektív analízis és numerikus előrejelzések operatív szintű hasznosítását jelentő programok megírása. Egy éven belül önálló programot sugároznak majd a GTS fővonalaira,

különös tekintettel a GRID és újabban a GRAF elnevezésű kódrendszerre. A szinoptikus meteorológiai adattárolással és kezeléssel foglalkozó részleg (CETI) nagy mennyiségű talajszinti és magaslégköri anyaggal rendelkezik. Ez képezi a szinoptikus kutatásokhoz szükséges archívumot. Az archívum nem térképek, vagy géptávirati szalagok, illetve lyukszalagok formájában tárolja a szinoptikus megfigyelések egész északi féltekére kiterjedő anyagát, hanem mágnesszalagokon, többnyire dekódolt formában. Mágnesszalagokon őrzik az objektív analízissel előállított magassági topográfiai mezőket tartalmazó anyagot is.

Nálunk a szinoptikus meteorológiai adatarchívum kiépítése egyrészt az évtizedes visszamenőleges eredeti táviratanyag híján egyáltalán nem lehetséges, másrészt amennyiben az alapanyag papíron létezne, úgy arra semmiképpen nem tudnánk sem munkaerőkapacitást, sem pénzügyi fedezetet biztosítani, hogy azt lyukszalagra vigyük. A tanulmányúti terv éppen ezért tartalmazta annak a lehetőségnek vázlatos megismerését is, hogy miképpen juthatna hozzá a magyar szolgálat a francia szolgálat hosszú időszakra kiterjedő adatarchívumának anyagához.

A francia szolgálat vezetői kifejezték azt a készségüket, hogy a már elkészült anyag tartalmát ellenszolgáltatás nélkül átadnák részünkre. Így csupán a szükséges mágnesszalagok kereskedelmi árát és a szalagokra történő átmásolás gépidejét kellene kifizetnünk.

Az ultrarövidtávú előrejezések szempontjából alapvető magaslégköri kutatások intézetében (EERM/EAL) elsősorban a zivatarcellák természetének egyre mélyebb megismerését elősegítő Doppler-radar mérések és azok eredményeivel kapcsolatban felmerülő elméleti kérdések tanulmányozása volt a fő cél *(M. Chalon)*.

Emellett bemutatták *(M. Picquenard)* a legújabb mérési eszközöket, mint pl. a SODAR-t, amely ultrahang-kibocsájtó parabolaantennával felszerelve képes az első 1 – 2 km-es légréteg folyamatos szondázására: regisztrálható a légszennyeződés felhalmozódásának folyamata, az inverziók szerkezet-változásának időbelisége és a turbulens légtestek mozgása adott pont fölött.

Bemutatták a LIDAR-t *(M. Petitra)*, amely a lézer-technikának egyfajta meteorológiai alkalmazása. Ezzel a berendezéssel a levegőrétegek vízgőztartalmát, hőmérsékleteloszlását, az aerosolok és felhők (hidrometeorok) lokalizációját próbálják meghatározni.

A tanulmányi időszak alatt igen nagy szakmai erők bevetésével tanulmányozták az országon átvonuló hidegfrontok strukturális változásait *(M. Le Berre)*.

Rövid látogatást tettem a Paris-Medon-i napfizikai obszervatóriumban is, ahol *(M. Simon)* az objektum vezetője fogadott. A tanulmányi időszakban találkoztam a francia meteorológiai szolgálat igazgatójával *(M. Mittner* , az SMM vezetőjével *(M. Galzi)*, a francia űrkutatás vezetőjével *(M. Villevieile)* és helyettesével *(M. Augustin)*, a Magny-les-Hameaux-i intézet vezetőjével *(M. Pettit)* és helyettesével *(M. Burban)*, ezen kívül egy alkalommal a francia Meteorológiai Iskola helyettes vezetőjével *(M. Blanchet)*.

Az egyhónapos tanulmányi időszak minden napja kellemes szakmai-baráti légkörben telt el.

Tóth P.

MEGJELENT

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

A NAPSUGÁRZÁS MAGYARORSZÁGON 1958—1972

Szerkesztette: Dr. Major György

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

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

A KÖZELMÚLTBAN MEGJELENT METEOROLÓGIAI SZAKKÖNYVEK

1. A METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT HIVATALOS KIADVÁNYAI:

XL. kötet: **A Balaton éghajlata — A Balaton térségének éghajlati jellegzetességei, hő- és vízháztartása, bioklímája** (Szerk.: BÉLL BÉLA és TAKÁCS LAJOS). Budapest, 1974. 316 B/5 lap. Ára vászonkötésben: 150,— Ft.

XLI. kötet: **A meteorológiai mezők statisztikai szerkezete** (Szerk.: CZELNAI, R., L. S. GANDIN, W. I. ZACHARIEW). Orosz és német nyelven. Budapest, 1976. 364 A/4 lap. Ára fűzve: 80,— Ft.

XLII. kötet: HAJÓSY FERENC, KAKAS JÓZSEF, KÉRI MENYHÉRT: **A csapadék havi és évi összegei Magyarországon a mérések kezdetétől 1970-ig.** Magyar és német nyelven. Budapest, 1975. 356 A/4 lap. Ára fűzve: 520,— Ft.

2. A METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT KISEBB KIADVÁNYAI:

42. szám: KOFLANOVITS ERIKA: **A csapadékmennyiség változékonyságának elemzése Közép-Európában** (Magyar és angol nyelven). Budapest, 1977. 72 B/5 oldal. Ára fűzve: 25, — Ft.

43. szám: N. DÁVID ARANKA: **Sugárzásháztartás a Fertő tavon** (Magyar és német nyelven). Budapest, 1977. 54 B/5 oldal. Ára fűzve: 25,— Ft.

*

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

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

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

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

78.0241 Athenaeum Nyomda, Budapest — Íves magasnyomás
Felelős vezető: Soproni Béla vezérigazgató

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

INDEX: 26 361

HU ISSN 0324—6329

IDŐJÁRÁS

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT HIVATALOS LAPJA

TARTALOM

Lugina, K. M.—Dévényi, D.: Nyomási mezők anizotrópia figyelembevételével meghatározott, háromdimenziós, térbeli statisztikai szerkezete (angol nyelven) 121

Oross G.—Vas Z.: A föld évi csapadékának trendjellegű változása 130

Nárai, K.: A turbulens szóródás mértéke hosszúsorozatú terepmérés adatai alapján 137

Hesek, F.: A légszennyeződés matematikai modellezésének továbbfejlesztése (angol nyelven) 148

Kozma F.—Tóth E.: Módszer a Fertő tó párolgásának számítására, A"-kád adataiból 153

Posza, I.: Az időjárás hatása a műtrágyázott kukorica terméseredményére 158

Füri J.—Kozma F.: A csemegeszőlő hő- és vízigénye 162

Tänczer T.: A műholdas meteorológiai adatszolgáltatás fejlődése 168

Krónika 173

CONTENTS

Lugina, K. M.—Dévényi, D.: Three-Dimensional Statistical Structure of the Pressure Field by Taking Anisotropy into Consideration (English text) 121

Oross, G.—Vas, Z.: Trend-like Variation of Precipitation amount on the Eart (Abbreviated english text) 130

Nárai, K.: Determination of the Degree of Turbulent Scatter Based on Data from Long-series Fields Measurements 137

Hesek, F.: Some Ways of Improving Mathematical Modelling of Air Pollution (English text) 148

Kozma, F.—Tóth, E.: A Method for Computing the Evaporation of Lake Fertő from the Data of an Evaporation Pan „A" 153

Posza, I.: Influence of Weather Conditions on the Yield of a Fertilized Maize Crop 158

Füri, J.—Kozma, F.: Water Requirement and Heat Requirement of Dessert Grapes 162

Tänczer, T.: On the Development of the Meteorological Data Service by Satellite 168

Chronicle 173

82. ÉVF. ★ 3. SZÁM ★ 1978. MÁJUS—JÚNIUS

IDŐJÁRÁS

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

SZERKESZTŐ BIZOTTSÁG – EDITORIAL BOARD:

AMBRÓZY P. (Budapest)
ANTAL E. (Budapest)
BAUR, F. (Bad Homburg)
BESSEMOULIN, M. J. (Paris)
BOSSOLASCO, M. (Genova)
BÖHME, W. (Potsdam)
BUDYKO, M. I. (Leningrad)
ČADEŽ, M. (Beograd)
DAVITAJA, F. F. (Tbiliszi)
DONEAUD, A. (Bucuresti)
GÖTZ G. (Budapest)
GULYÁS O. (Budapest)
KONČEK, M. (Bratislava)
LOGVINOV, K. (Kijev)
MÄDE, A. (Halle/Saale)
MÉSZÁROS E. (Budapest)
VAN MIEGHEM, J. (Bruxelles)
NGUYEN-XIEN (Hanoi)
OKOLOWICZ, W. (Warszawa)
PASZINSKY, J. (Warszawa)
PÉCZELY GY. (Szeged)
RADINOVIĆ, D. (Beograd)
RÁKÓCZI F. (Budapest)
ŠAMAJ, F. (Bratislava)
STEINHAUSER, F. (Wien)
STELCZER K. (Budapest)
SZEPESI D. (Budapest)
TAKEUCHI, K. (Tokio)
TUVDENDORZS, D. (Ulan-Bator)
VARGA-HASZONITS Z. (Budapest)
VITEK, V. (Praha)
WHITE, R. M. (Rockville)

ELNÖK – CHAIRMAN OF THE EDITORIAL BOARD:
BODOLAI I. (Budapest)

SZERKESZTŐ – EDITOR: LŐRINCZ ANNA (Budapest)

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

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 82. évf. 3. szám. 1978. május – június
Journal of the Meteorological Service, Vol. 82. No 3. May – June 1978 Budapest

Three-Dimensional Statistical Structure of the Pressure Field by Taking Anisotropy into Consideration

LUGINA, K. M. *Main Geophysical Observatory, Leningrad,* DÉVÉNYI, D. *Central Meteorological Institute, Budapest*

Nyomási mezők anizotrópia figyelembevételével meghatározott háromdimenziós, térbeli statisztikai szerkezete. Jelen cikk a földfelszíni nyomás és a 850, 700 és 500 mb-os izobárfelületek geopotenciálja közötti kölcsönös korrelációs kapcsolat meghatározásakor kapott számítási eredményeket tartalmazza. A szintközötti korrelációkat egy aránylag nem nagy, Dél-Skandináviát, a Szovjet Baltikumot és a Szovjetunió európai területének ÉNY-i részét felölelő tartományra határoztuk meg. Vizsgálataink azt mutatták, hogy a meteorológiai mezők háromdimenziós statisztikai szerkezete a fenti tartományban kifejezetten anizotróp, azaz a maximális korrelációjú pont a vertikális mentén meghatározott évszakos menettel eltér. Ez az eltolódás annál nagyobb, minél nagyobb az izobárfelületek vertikális távolsága.

*

Трехмерная пространственная статистическая структура поля давления с учетом анизотропии. Приводятся результаты расчета пространственных взаимных корреляционных функций поля давления у земли и геопотенциала изобарических поверхностей 850, 700 и 500 мбар для северо-западной части Европы и ЕТС для января и июля. Расчет производился раздельно для различных направлений между станциями. Показано, что трехмерные корреляционные функции не изотропны. Для каждой пары изобарических поверхностей точка максимальной корреляции смещена относительно вертикали зимой в северо-западном, а летом — в западном направлении. Это смещение тем больше, чем больше вертикальное расстояние между изобарическими поверхностями. Изолинии взаимных корреляционных функций могут быть приближенно описаны окружностями с центром в точке максимальной корреляции. Сезонные различия взаимной корреляции практически отсутствуют в точке максимальной корреляции и возрастают при удалении от этой точки.

*

In order to improve the objective analysis of meteorological fields aloft in areas rarely covered by aerological observations, it is advisable to use also the data of surface observations. The method proposed by *L. S. Gandin* [1] seems to be the most suitable for this purpose, permitting the optimum comparison of meteorological fields and the optimum synthesis of meteorological data obtained at different levels using the method of least squares. The application of this method needs, as a *priori* knowledge, the three-dimensional statistical structure of the meteorological elements.

The analysis of the geopotential fields of standard pressure levels being the most important task in the numerical forecasting practice, the investigations carried out so far, were aimed mainly at determining the three-dimensional statistical structure of these fields. In this connexion the papers of *M. I. Fortus* [12], *L. S. Gandin* and *T. I. Kuznecova* [2] and *G. H. Hatamkulov* [13]

are to be mentioned, in which not only the horizontal correlation of the geopotential field at fixed pressure levels, but also the dependence of the interlevel correlation on distance was studied. The authors carried out these studies assuming the given fields to be homogeneous and isotropic. These assumptions are not true in reality, as proved by the subsequent investigations of *G. V. Gruza* and *V. D. Kasnacheyeva* [3, 4]. The condition of homogeneity of the fields is valid for relatively small distances, while the hypothesis of isotropy is true to some extent, at middle geographical latitudes for the correlation at a single

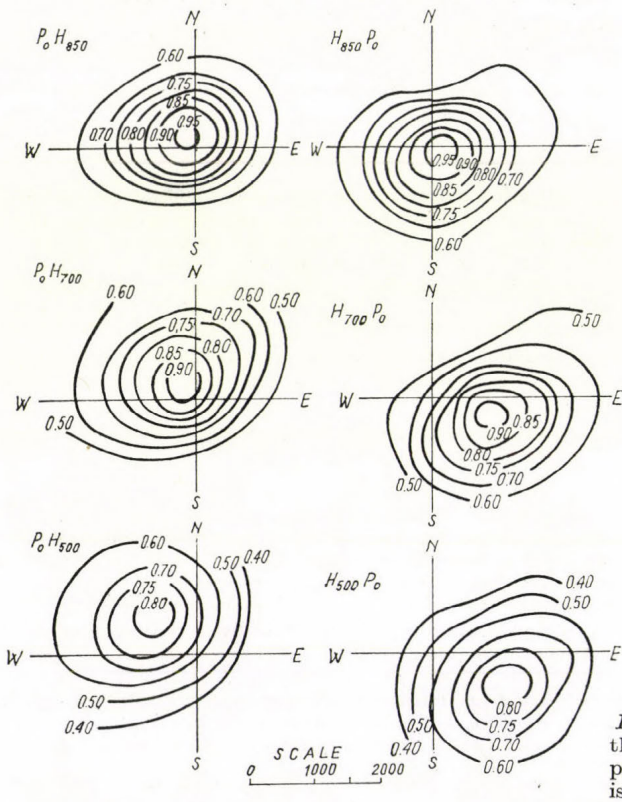


Fig. 1: Cross-correlation functions of the surface pressure and of the geopotential of the 850, 700 and 500 mb isobaric surfaces for January

level. As for the correlation between the levels, it is decidedly anisotropic and in the papers [3, 4] the authors demonstrated the horizontal shift of the point with maximum correlation along the vertical, by the example of the cross-correlation of the ground-level pressure and the 500-mb geopotential.

These conclusions were supported and specifiedby *V. I. Martemyanov*'s calculations [9—11] carried out for the inter-level correlation of all the main isobaric surfaces on a large set of data.

It is obvious that these results have to be taken into account in the elaboration and realization of the three-dimensional objective analysis schemes. The further specification of the structural data for given geographical ranges seems to be important in this respect. The values given in papers [3, 9] for the inter-level correlation were received as a result of an averaging carried out over a large area assuming homogeneity, though it is clearly expressed that

these conditions are not fulfilled. The decrease of the correlation between the levels with the height of the station can be seen clearly [3]. Some information on the significant inhomogeneity of the inter-level correlation is given in *I. A. Dyubkin*'s paper [5].

Taking into account that in papers [3, 4, 9—11] the cross-correlation of the geopotential fields of different levels was determined only for the winter season, it seems to be of interest to carry out a similar estimation also for the other seasons, in order to reveal possible seasonal variations.

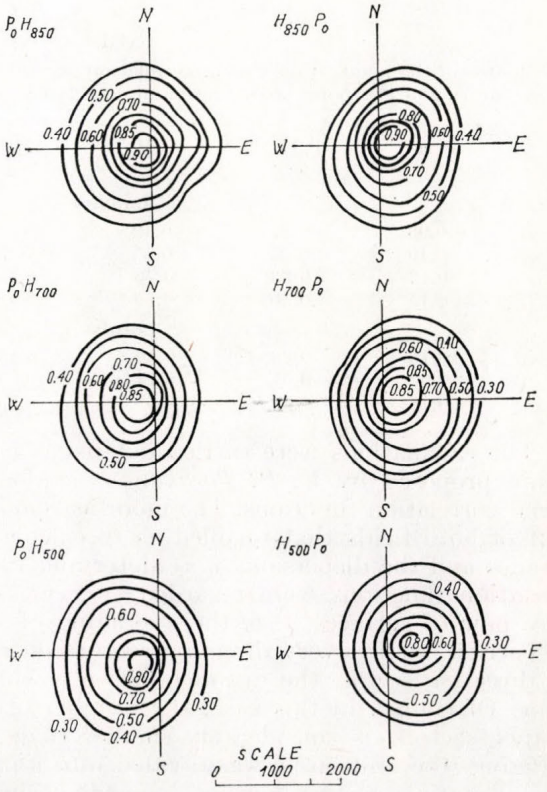


Fig. 2: Cross-correlation functions of the surface pressure and of the geopotential of the 850, 700 and 500 mb isobaric surfaces for July

Technics for the determination of the statistical structure and results of the calculations

The aim of the present paper is to determine the inter-level correlation for a relatively not too large territory covering Southern Skandinavia, the Soviet part of the *Baltic Sea* as well as the NW part of the European territory of the USSR. This area is relatively homogeneous so that the assumption of the homogeneity of the fields seems to be justified. The map of this region and the network of the chosen surface stations (68 stations altogether) are shown in paper [7].

Beside the surface observation data, upper air observation data of 32 aerological stations for winter and those of 24 stations for summer of the same region were also used. The utilization of this relatively great number of data

over a relatively small area permits to carry out a more reliable estimation of the correlations attached to small distances, what is of special importance in objective analysis.

The inter-level correlation functions of the sea-level pressure and the geopotential of the *850*, *700* and *500 mb* isobaric surfaces were calculated separately for January and July. The *00* and *12 GMT* data of the years *1968 – 71* were used fot these months. For the different observations hours *60* situations were chosen. The calculations were carried out separately for both observation hours and the results were averaged.

TABLE 1

Co-ordinates of the point of maximum correlation (x_0, y_0) in Carthesian system of co-ordinates and the shifting of the point with maximum correlation along the vertical (in 1000 km units)

	P_0H_{850}	P_0H_{700}	P_0H_{500}	$H_{850}P_0$	$H_{700}P_0$	$H_{500}P_0$
			January			
x_0	−0,08	−0,23	−0,40	0,08	0,23	0,56
y_0	0,10	0,24	0,65	−0,10	−0,31	−0,57
d	0,13	0,33	0,76	0,13	0,39	0,80
d_1	0,15	0,30	0,60	0,15	0,45	0,60
			July			
x_0	−0,18	−0,28	−0,36	0,15	0,26	0,34
y_0	0,02	−0,05	−0,14	0,00	0,00	0,14
d	0,18	0,28	0,39	0,15	0,26	0,37

The calculations were carried out using a modified version of the programme proposed by *V. P. Tarakanova* [8] for the calculation of anisotropic spacial correlation functions. The modification essentially concerned the joint input of both fields that unabled us to calculate their cross-correlation. The averages and the dispersions were determined separately for each point. The correlation functions were regarded as being horizontally homogeneous for every pair of surfaces, i. e. the averaging of all the correlation coefficients was carried out in every direction sector concerning the stations situated in this direction sector, the distance between which falls to the given distance sector. Of course, in this case, the number of stations falling to one of the distance sectors, is considerably smaller than that in the case of a general averaging (the unit circle was divided into 8 parts, thus in each sector those pairs of stations were taken into consideration where the direction from the surface station toward the aerological station *(P_0 H)* or from, the aerological station toward the surface station *(H P_0)* deviated from, the basic direction by less than 22,5°). Here and from now on *H* corresponds to the geopotential data of the *850*, *700* or *500 mb* surfaces, while P_0 means, as usually, the utilization of the sea-level pressure. The actual correlation functions for January and July are shown in *Figs. 1* and *2*, respectively.

These figures illustrate the horizontal shifting of the point of maximum correlation in relation to the surface measurement point with height. The data of shifting for January show a good accord with the results obtained by *G. V. Gruza* and *V. D. Kasnacheyeva* [3] and by *V. I. Martemyanov* [11]. This concerns, first of all, the shifting direction of the point with maximum correlation (NW) and only to a less extent the dimension of shifting. The quantitative characteristics for the shifting of the maximum correlation centre are given in *Table* I.

TABLE II

Cross-correlation functions of the surface pressure and of the geopotential of the 850, 700 and 500 mb isobaric surfaces, as calculated assuming isotropy and determined for the directions NW and SE for January (00 GMT)

ϱ [thousand kms]	Correlation averaged according to direction							Correlation in NW direction							Correlation in SE direction						
	N_ϱ	850		700		500		N_ϱ	850		700		500		N_ϱ	850		700		500	
		$\mu(\varrho)$	σ_μ	$\mu(\varrho)$	σ_μ	$\mu(\varrho)$	σ_μ		$\mu(\varrho)$	σ_μ	$\mu(\varrho)$	σ_μ	$\mu(\varrho)$	σ_μ		$\mu(\varrho)$	σ_μ	$\mu(\varrho)$	σ_μ	$\mu(\varrho)$	σ_μ
0,00	13	0,952	0,017	0,843	0,055	0,687	0,059														
0,075	12	0,964	0,010	0,876	0,024	0,718	0,034	2													
0,075	12	0,964	0,010	0,876	0,024	0,718	0,034	2	0,974	0,002	0,910	0,002	0,739	0,025							
0,125	33	0,946	0,020	0,856	0,036	0,689	0,056	3	0,966	0,005	0,895	0,008	0,751	0,012	3	0,932	0,002	0,829	0,009	0,638	0,036
0,175	44	0,945	0,025	0,845	0,056	0,688	0,060	7	0,965	0,015	0,886	0,038	0,739	0,053	3	0,912	0,012	0,785	0,031	0,630	0,017
0,225	59	0,930	0,029	0,817	0,105	0,667	0,076	6	0,968	0,012	0,895	0,029	0,753	0,041	10	0,904	0,018	0,768	0,132	0,620	0,094
0,275	70	0,931	0,030	0,836	0,060	0,683	0,076	9	0,964	0,008	0,908	0,015	0,766	0,024	6	0,883	0,011	0,762	0,021	0,591	0,040
0,325	82	0,917	0,039	0,815	0,086	0,670	0,084	9	0,958	0,016	0,896	0,038	0,769	0,056	9	0,854	0,015	0,725	0,055	0,579	0,041
0,375	86	0,910	0,038	0,822	0,086	0,679	0,092	7	0,947	0,014	0,896	0,023	0,775	0,053	10	0,863	0,022	0,704	0,126	0,582	0,032
0,425	103	0,888	0,049	0,793	0,089	0,654	0,095	11	0,940	0,011	0,899	0,016	0,774	0,043	15	0,825	0,022	0,708	0,024	0,555	0,042
0,475	103	0,886	0,050	0,803	0,092	0,672	0,102	12	0,926	0,018	0,887	0,029	0,775	0,047	11	0,808	0,033	0,668	0,109	0,547	0,057
0,550	200	0,854	0,064	0,769	0,119	0,650	0,127	23	0,924	0,017	0,905	0,026	0,821	0,036	26	0,779	0,031	0,637	0,095	0,514	0,046
0,650	192	0,833	0,071	0,764	0,131	0,654	0,142	30	0,896	0,027	0,887	0,035	0,805	0,049	20	0,740	0,042	0,575	0,121	0,473	0,052
0,750	185	0,804	0,078	0,734	0,168	0,647	0,162	28	0,869	0,026	0,878	0,028	0,813	0,035	16	0,715	0,024	0,432	0,199	0,412	0,066
0,850	188	0,782	0,088	0,718	0,177	0,645	0,172	29	0,843	0,026	0,858	0,036	0,815	0,044	9	0,665	0,055	0,380	0,194	0,318	0,064
1,050	475	0,730	0,100	0,684	0,160	0,622	0,169	66	0,793	0,033	0,816	0,039	0,787	0,044	6	0,598	0,059	0,330	0,185	0,332	0,044
1,300	192	0,669	0,084	0,652	0,147	0,612	0,161	33	0,714	0,035	0,750	0,036	0,746	0,041	1	0,501	0,000	0,084	0,000	0,239	0,00
1,500	100	0,622	0,056	0,595	0,131	0,559	0,150	16	0,647	0,026	0,682	0,042	0,688	0,047	—	—	—	—	—	—	—
1,700	32	0,606	0,048	0,609	0,097	0,593	0,126	5	0,600	0,036	0,635	0,057	0,662	0,046	—	—	—	—	—	—	—
1,900	7	0,607	0,038	0,624	0,039	0,616	0,042	1	0,574	0,000	0,630	0,000	0,651	0,000	—	—	—	—	—	—	—

TABLE III

Cross-correlation functions of the surface pressure and of the geopotential of the 850, 700 and 500 mb isobaric surfaces, as calculated assuming isotropy and determined for the directions W and E for July (00 GMT)

ϱ [thousand kms]	Correlation averaged according to direction							Correlation in W direction							Correlation in E direction						
	N_ϱ	850		700		500		N_ϱ	850		700		500		N_ϱ	850		700		500	
		$\mu(\varrho)$	σ_μ	$\mu(\varrho)$	σ_μ	$\mu(\varrho)$	σ_μ		$\mu(\varrho)$	σ_μ	$\mu(\varrho)$	σ_μ	$\mu(\varrho)$	σ_μ		$\mu(\varrho)$	σ_μ	$\mu(\varrho)$	σ_μ	$\mu(\varrho)$	σ_μ
0,00	12	0,894	0,134	0,794	0,148	0,673	0,148														
0,075	12	0,928	0,046	0,831	0,062	0,698	0,086	4	0,960	0,011	0,879	0,040	0,769	0,037	1	0,808	0,000	0,675	0,000	0,559	0,000
0,125	31	0,910	0,030	0,817	0,048	0,687	0,054	3	0,947	0,016	0,896	0,020	0,775	0,044	5	0,888	0,023	0,766	0,034	0,646	0,022
0,175	38	0,922	0,041	0,832	0,053	0,708	0,069	6	0,955	0,010	0,879	0,014	0,768	0,029	4	0,836	0,058	0,744	0,061	0,620	0,010
0,225	47	0,891	0,055	0,805	0,074	0,678	0,093	5	0,946	0,022	0,873	0,019	0,770	0,010	5	0,808	0,058	0,703	0,065	0,558	0,107
0,275	59	0,875	0,087	0,789	0,110	0,673	0,126	7	0,875	0,163	0,816	0,192	0,728	0,180	10	0,797	0,059	0,689	0,068	0,559	0,069
0,325	65	0,856	0,072	0,777	0,096	0,658	0,111	13	0,922	0,023	0,880	0,759	0,077	8							
0,325	65	0,856	0,072	0,777	0,096	0,658	0,111	13	0,922	0,023	0,880	0,022	0,759	0,077	8	0,753	0,035	0,644	0,029	0,512	0,049
0,375	76	0,821	0,078	0,741	0,105	0,630	0,133	9	0,909	0,036	0,882	0,030	0,813	0,050	10	0,725	0,052	0,637	0,049	0,501	0,030
0,425	74	0,793	0,093	0,722	0,125	0,621	0,140	10	0,887	0,039	0,870	0,050	0,785	0,061	7	0,676	0,034	0,565	0,058	0,479	0,043
0,475	82	0,753	0,105	0,692	0,137	0,584	0,153	14	0,852	0,030	0,855	0,052	0,769	0,070	8	0,634	0,037	0,539	0,037	0,435	0,032
0,550	151	0,728	0,125	0,681	0,159	0,587	0,168	30	0,828	0,051	0,838	0,054	0,762	0,078	18	0,580	0,104	0,489	0,091	0,385	0,060
0,650	145	0,681	0,135	0,639	0,165	0,554	0,186	24	0,772	0,073	0,786	0,059	0,756	0,063	19	0,518	0,100	0,429	0,085	0,331	0,054
0,750	127	0,611	0,144	0,574	0,176	0,509	0,201	24	0,728	0,091	0,736	0,097	0,714	0,108	17	0,426	0,098	0,350	0,079	0,218	0,053
0,850	125	0,556	0,159	0,526	0,188	0,470	0,216	31	0,647	0,075	0,664	0,084	0,677	0,078	16	0,291	0,091	0,231	0,078	0,192	0,064
1,050	337	0,470	0,179	0,432	0,209	0,378	0,236	78	0,553	0,138	0,576	0,132	0,600	0,124	37	0,190	0,097	0,132	0,079	0,106	0,067
1,300	147	0,346	0,155	0,331	0,180	0,293	0,196	57	0,390	0,095	0,428	0,102	0,435	0,090	10	−0,029	0,050	−0,048	0,042	−0,039	0,045
1,500	70	0,167	0,160	0,152	0,167	0,137	0,182	27	0,227	0,103	0,247	0,097	0,277	0,096	9	−0,145	0,032	−0,147	0,051	−0,122	0,065
1,700	28	0,123	0,148	0,107	0,148	0,122	0,162	18	0,197	0,113	0,180	0,103	0,207	0,097	1	−0,210	0,00	−0,197	0,00	−0,122	0,00
1,900	6	0,001	0,084	−0,028	0,066	0,002	0,064	5	0,029	0,062	−0,005	0,048	0,024	0,047	—	—	—	—	—	—	—

where – beside the shifting intervals d calculated on the basis of our data – the results of *V. I. Martemyanov*'s estimation are also indicated with the marking d_1. The system of co-ordinates was chosen so that the axis of ordinates be oriented eastwards and the axis of abscissas nordwards.

In summer the maximum correlation centre shifts westwards; for the lower levels *(850* and *700 mb)* this shigting is the same as that in winter, while for the *500 mb* level it is half as much. Besides, in the area of the *500 mb* surface the maximum correlation point shifts toward W – SW. It should be noted that

TABLE IV

Distribution of the cross-correlation of the surface pressure and of the geopotential of the isobaric surfaces with height

	Maximum value		Value in a fixed point	
	January	July	January	July
$P_0\ AT_{850}$	0,97	0,97	0,95	0,94
$P_0\ AT_{700}$	0,91	0,90	0,85	0,82
$P_0\ AT_{500}$	0,82	0,82	0,69	0,71

though the shifting of the maximum correlation range *(P_0, H)* altogether can be regarded as having a NW direction in January and a W direction in July, in reality a certain change can be observed in the direction from the lower levels toward the upper ones. In addition, while in winter this is a clockwise turning, in summer it goes in the opposite direction.

In *Tables* II and III the values of cross-correlation functions for surface pressure and for the isobaric levels are indicated that were calculated assuming isotropy and without this supposition, respectively. In this latter case the values of functions attached to the direction of maximum correlation and to the opposite direction, are indicated. As already mentioned, for January this is the direction NW – SE, and for July: W – E. The *Tables* contain, in addition, the number of pairs of stations involved in averaging [$N\ (\varrho)$] and the dispersion of correlation coefficients concerning average dispersion (ϱ_μ).

According to expectations, the value σ_μ is much greater for isotropic functions than that in the case of taking direction into account, as it can be seen in the tables.

The comparison of the data of *Tables* II and III shows that the values of spacial cross-correlation functions averaged for all the directions are considerably smaller in summer than in winter in every distance sector. The difference is small if ϱ approximates zero and it increases with increasing distance. As for the correlation functions calculated with taking directions into account, there are practically no seasonal differences in the maximum correlation centre, but they increase departing from this centre in any direction. The data of *Table* IV are of interest in this connexion; in this table the maximum cross-correlation coefficients are given as well as the values calculated without considering the shift of the point with maximum correlation.

Approximation of the correlation functions

In practical problems, e. g. in objective analysis, it is convenient to use correlation functions approximated by analytical formulae. It seemed to be advisable to approximate the isocorrelates shown in *Figs. 1* and *2* for each

pair of surfaces as well as for January and July by contours having their centre in the maximum correlation point (see *Table I* as well). The decrease of correlation with distance is described by *M. I. Yudin*'s formula [14] which was used by him for the description of the correlation of geopotential for the 500 mb isobaric surface and which describes the spacial correlation function of the surface pressure quite well up to a distance of *1500 km* [7].

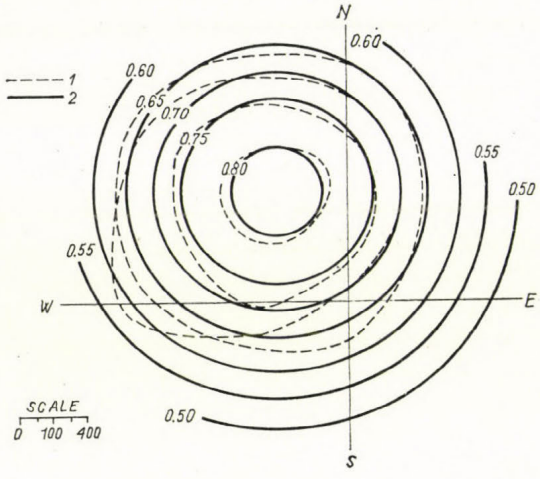


Fig. 3: Contours of the cross-correlation functions of the surface pressure and of the geopotential of the 500 mb surface as determined empirically (1) and by the formula [1] (2), respectively

For the cross-correlation function of the geopotential of the isobaric surfaces this formula has the following form:

$$\mu_{P_0,H}(\varrho) = \mu_{max}\left(1 + \frac{\varrho}{\varrho_0}\right) e^{-\varrho/\varrho_0} \tag{1}$$

where

$$\varrho = \sqrt{(x_0 - x)^2 + (y - y)^2}$$

μ_{max}: value of maximum correlation for the given pair of isobaric surfaces;

x_0, y_0, x, y: horizontal coordinates of the point with maximum correlation and of the points where the values of correlation functions were determined, respectively (the coordinates are calculated in 1000-km units);

ϱ_0: factor normalizing the distance; its value is $1{,}05 \cdot 10^3$ kms for January and $0{,}7 \cdot 10^3$ kms for July.

As an example, on *Fig. 3* the contours of cross-correlation functions of the geopotential for the 500 mb surface are given as determined empirically and by the formula (1), respectively. Both sets of value show a good accord, as it can be seen in the figure.

Conclusions

Summing up the cross-correlation relation of the surface pressure and the geopotential of the isobaric surfaces for the studied range, the following conclusions can be drown:

1. The shifting of the point with maxima correlation for winter shows a good accord with the data of *V. G. Gruza* and *V. D. Kasnacheyeva* [3] as well as with those of *V. I. Martemyanov* [11].

2. The values of maximum correlation as determined in this paper are much greater than the values received in the above papers for large areas. This is to be explained, in all probability, by the fact that in this large range a considerable region is covered by mountain stations for which – as it was shown in paper [3] – the cross-correlation is smaller.

3. Under summer conditions the point with maximum correlation had a shifting in relation to the surface point not in NW but in W direction. The value of maximum cross-correlation practically corresponds to the actual winter value. With increasing distance from the point of maximum correlation the cross-correlation decreases more rapidly than in winter.

4. The contours of cross-correlation for every pair of surfaces can be approximated by concentric circles having their centres in the point with maximum correlation.

Acknowledgement

The authors express their acknowledgement to *L. S. Gandin* and *R. L. Kagan*, doctors of mathematical and physical sciences, for their valuable advices and assistance, as well as to all of those who made possible and helped to carry out this work.

REFERENCES

[1] *Гандин, Л. С.* Об оптимальном согласовании метеорологических полей. Труды ГГО, 1962, вып. 124, с. 3—17.

[2] *Гандин, Л. С., Кузнецова Т. И.* О пространственной статистической структуре поля геопотенциала. Труды ГГО, 1965, вып. 168, с. 84—93.

[3] *Груза, Г. В., Казначеева В. Д.* Статистическая структура барического поля северного полушария (внетропические широты). Труды САНИГМИ, 1968, вып. 38(53), с. 134.

[4] *Груза, Г. В., Казначеева В. Д.* Анизотропная пространственно-временная корреляционная функция барического поля. Изв. АН СССР, ФАО, 1968, т. 4, № 7, с. 710—716.

[5] *Дюбкин, И. А.* Взаимосвязь давления на уровне моря и высот изобарических поверхностей в высоких широтах северного полушария. Труды ААНИИ, 1966, т. 277, с. 20—27.

[6] *Лугина, К. М., Каган, Р. Л.* К вопросу о пространственно-временном анализебарического поля. Труды ГГО, 1974, вып. 336, с. 48—59.

[7] *Лугина К. М., Тараканова В. П.* Пространственная структура поля средней месячной температуры. — «Исследование статистической структуры метеорологических полей» (материалы международного симпозиума специалистов гидрометслужб социалистических стран), 1975, т. 1, с. 73—79.

8] *Мартемьянов, В. И.* О статистической структуре поля геопотенциала и давления у земли. Труды САНИГМИ, 1968, вып. 40(45), с. 75—88.

[9] *Мартемьянов, В. И.* Об анизотропии корреляционных функций поля геопотенциала (давление). Труды САНИГМИ, 1968, вып. 40(55), с. 89—100.

[10] *Мартемьянов, В. И.* О пространственно-временной статистической структуре трехмерного поля давления. Труды ГГО, 1974, вып. 298, с. 54—62.

[11] *Фортус, М. И.* Трехмерная пространственная структура поля геопотенциала. Труды ГГО, 1964, вып. 165, с. 27—39.

[12] *Хатамкулов, Г. Х.* Об использовании наземной информации при объективном анализе аэрологических полей. Труды ГГО, 1967, вып. 208, с. 96—105.

[13] *Юдин, М. И.* Некоторые закономерности структуры геопотенциала. Труды ГГО, 1961, вып. 121, с. 3—18.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 82. évf. 3. szám. 1978. május – június
Journal of the Meteorological Service, Vol. 82. No 3. May – June 1978 Budapest

A Föld évi csapadékának trendjellegű változása

OROSS GABRIELLA, *JATE Éghajlattani Tanszék*, VAS ZOLTÁN, *JATE Kibernetikai Laboratórium*, *Szeged*

Трендообразное изменение годовой суммы осадков на территории Земли. Целью настоящей работы было поставлено выяснение, по рядам данных об осадках за несколько десятилетий, вопроса о том, намечается-ли некоторое систематическое изменение в годовых количествах осадков в различных районах Земли, или же режим осадков различных территорий может считаться постоянным. Для этой цели был проведен анализ рядов данных о годовых суммах осадков за периоды с 1890 по 1970, с 1890 по 1930 и с 1930 по 1970 гг. для 116 станций, с использованием линейного метода вычисления тренда, причем коэффициенты тренда, характеризующие величины и направление изменений, были нанесены на карту *(рис. 2—4)*. Была определена разница между величинами тренда за первое и второе сороколетия, получившиеся в результате подразделения всего ряда данных. На этой основе на карте были выделены районы с восходящим и нисходящим трендом, соответственно (рис. 5). Подводя итоги можно сказать, что экстремально большие изменения нигде не намечаются, но вместе с тем, с учетом как пространственных, так и временных изменений, для территории всей Земли характерно небольшое увеличение суммы осадков. Однако, данное увеличение оказывается столь незначительным, что им можно практически пренебречь и режим осадков нашей планеты может считаться неизменным за прошедшие 8 десятилетий.

*

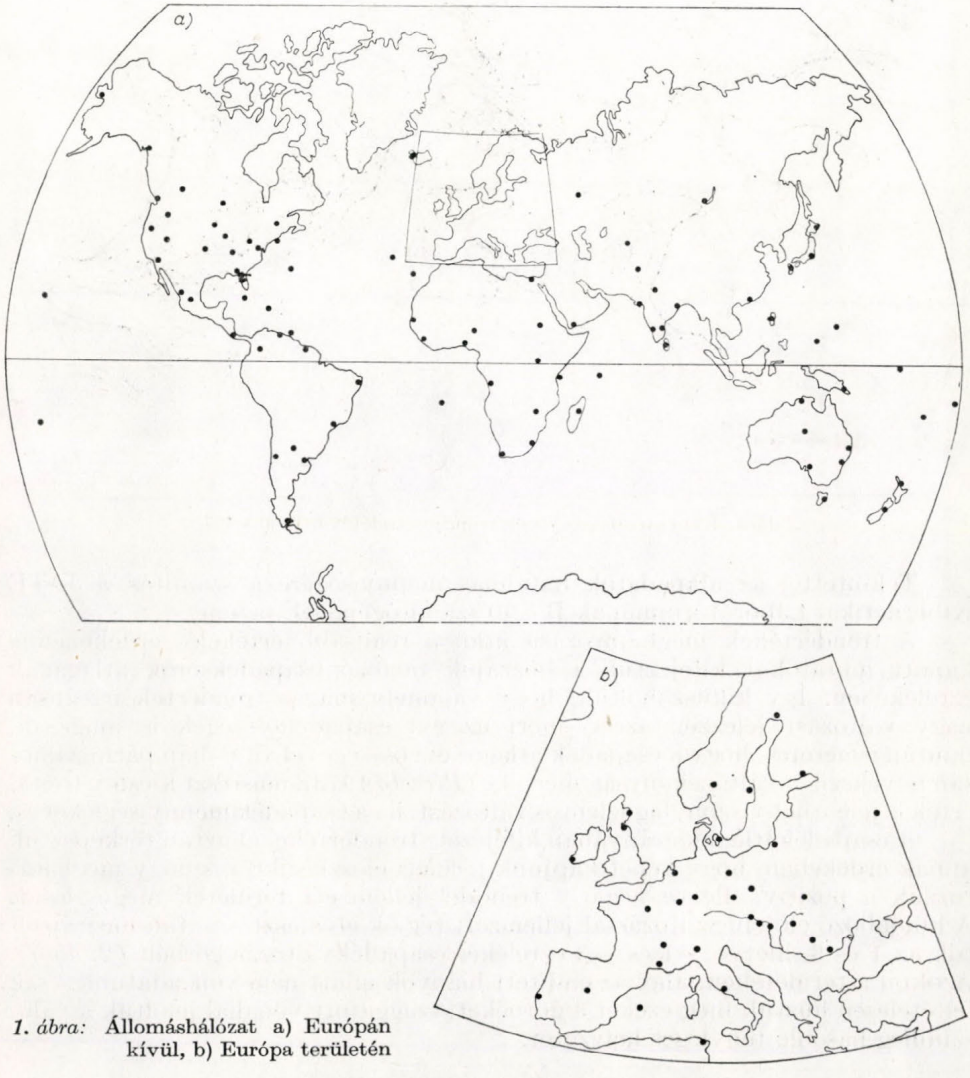
Az évszázados éghajlati idősorok matematikai statisztikai vizsgálata több olyan kérdés tisztázásához hozzájárulhat, amely a légkör fizikai rendszerének megismeréséhez vezet. Így például a hosszú idősorok elemzése az éghajlatingadozások jellegének, térbeliségének és esetlegesen okainak a földerítéséhez vezethet el.

A légkör fizikai rendszerében, az általános lérkörzésben fellépő változásokra a legérzékenyebb elem a csapadék. Vizsgálatunk célja több évtizedes csapadéksorokból annak felderítése, hogy Földünk különböző területein mutatkozik-e az évi csapadékösszegekben rendszeres változás (növekedés vagy csökkenés), vagypedig a különböző tájak csapadékrendszere több évtizedre visszamenően változatlannak tekinthető.

Ugyanezzel a kérdéssel foglalkozik *Koflanovits E.* (1977) tanulmányának első fejezete, melyben 29 európai állomás 1871—1970 közötti évi csapadékösszegeinek sorozatát elemezte a szerző, s meghatározta ezen adatsorok trendértékeit. Trendanalízisének eredményeit összefoglalva megállapította, hogy „Európa csapadékmennyiségének változásában az elmúlt évszázad során számottevő növekedés vagy csökkenés tendenciája nem mutatható ki." A kis értékű változások előjelüket tekintve azonban területileg jól elkülöníthetők, mégpedig Európa északi részén a csapadékmennyiség növekedése, déli, délkeleti részén enyhe csökkenése a jellemző.

Fölmerült a kérdés, hogy a Föld egészére nézve hogyan alakul a több évtizedes csapadéksorok trendje, elkülöníthetők-e csapadéknövekedéssel, illetve csökkenéssel jellemezhető területek?

A vizsgálat alapjául szolgáló adatsorok kiválasztásakor azt vettük figyelembe, hogy azok elég hosszúak és egy kiszemelt időintervallumban lehetőleg hiánymentesek legyenek, valamint hogy térbeli eloszlásuk lehetőleg egyenletes legyen egy-egy kontinens területén. Szempontjainknak megfelelően 116 állomás 1890–1970 közötti évi csapadékösszegeit gyűjtöttük össze és dolgoztuk fel. Sajnos, eléggé nagy területek kimaradtak az elemzésből, mivel onnan nincs megfelelő hosszúságú adatsor. Főleg Európa, Ázsia és Észak-Amerika északi részeiről és Óceániáról nem sikerült használható adatokat összegyűjtenünk, viszont Európában jóval sűrűbb az állomáshálózat, mint másokon. Az állomáshálózat képét az *1/a* és *1/b ábrán* mutatjuk be.

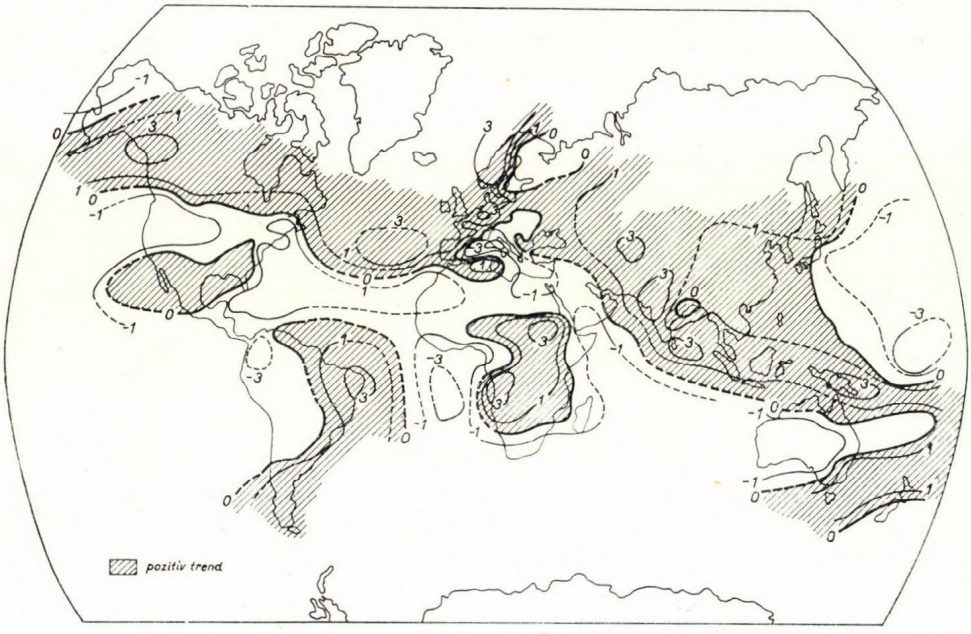


1. ábra: Állomáshálózat a) Európán kívül, b) Európa területén

Összegyűjtésük után az adatsorokat – vizsgálatunk első lépéseként – lineáris trendszámításnak vetettük alá, azaz a legkisebb négyzetek módszerével meghatároztuk az

$$y = ax + b$$

lineáris trendfüggvény paramétereit, ahol x együtthatója mutatja a trendegyenes meredekségét, tehát utal a csapadékváltozás intenzitására, illetve előjele a változás irányára.



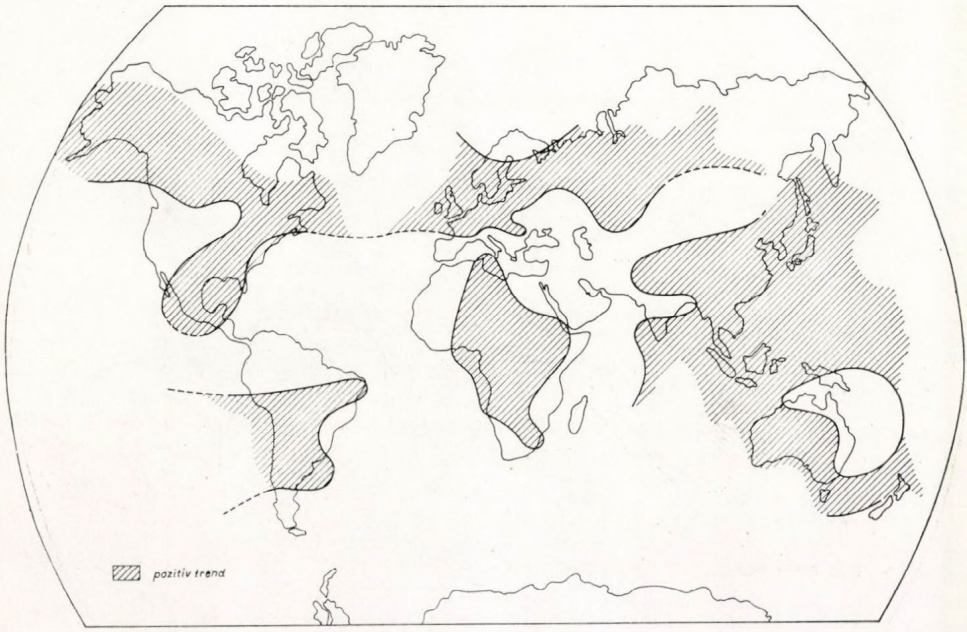
2. ábra: Évi csapadékösszegek trendje ezrelékben 1890 – 1970

Tekintettel az alapadatok hatalmas mennyiségére a számítás a JATE Kibernetikai Laboratóriumának R – 40 számítógépével történt.

A trendértékek meghatározása után a reálisabb értékelés érdekében a kapott mutatókat kifejeztük a hozzájuk tartozó csapadéksorok átlagának ezrelékében. Így kiküszöböltük, hogy valamely magas trendérték irreálisan nagy változást jelezzen azért, mert az évi csapadékösszegek is magasak, miután ismeretes, hogy a csapadék átlagos évi összegével általában párhuzamosan növekszik a változékonyság mértéke *(Péczely* 1973), másrészt kicsiny trendérték is jelenthet viszonylag jelentős változást, ha a csapadék mennyisége kevés.

A csapadékátlagok arányában kifejezett trendértékeket aztán térképeztük annak érdekében, hogy képet kapjunk területi eloszlásukról, s hogy meghatározzuk a pozitív, illetve negatív trenddel jellemzett területek megoszlását. A különböző előjelű változással jellemzett régiók elválasztása után megrajzoltuk az 1 és 3, illetve -1 és -3 ezrelékes csapadékváltozás görbéit *(2. ábra)*. Azokon a területeken, ahol az említett hiányok miatt nem volt adatunk, csak feltételesen húztuk meg ezeket a görbéket, szaggatott vonallal jelöltük a valószínűleg hasonló tényleges helyzetet.

Az így kapott „trendtérkép" arról tájékoztatott bennünket, hogy a pozitív trendű állomások száma a több, a pozitív trendű terület a nagyobb. Ez a különbség ugyan nem nagy, 52 esetben adódott negatív, 64 esetben pozitív trend. Ez a 64 állomás Európa északi részén, Észak-Amerika északi és déli vidékein, Ázsia területének döntő többségében, a Dél-Amerikai kontinens keleti felében, Afrika déli kétharmadában és Ausztrália délkeleti partvidékén végighúzódva jelölte ki a csapadéknövekedés övezeteit. Ezen az egységesnek tűnő területen belül foltszerűen helyezkednek el azok a vidékek, ahol viszonylag



3. ábra: Pozitív, illetve negatív csapadéktrendek területi elhelyezkedése 1890 – 1930

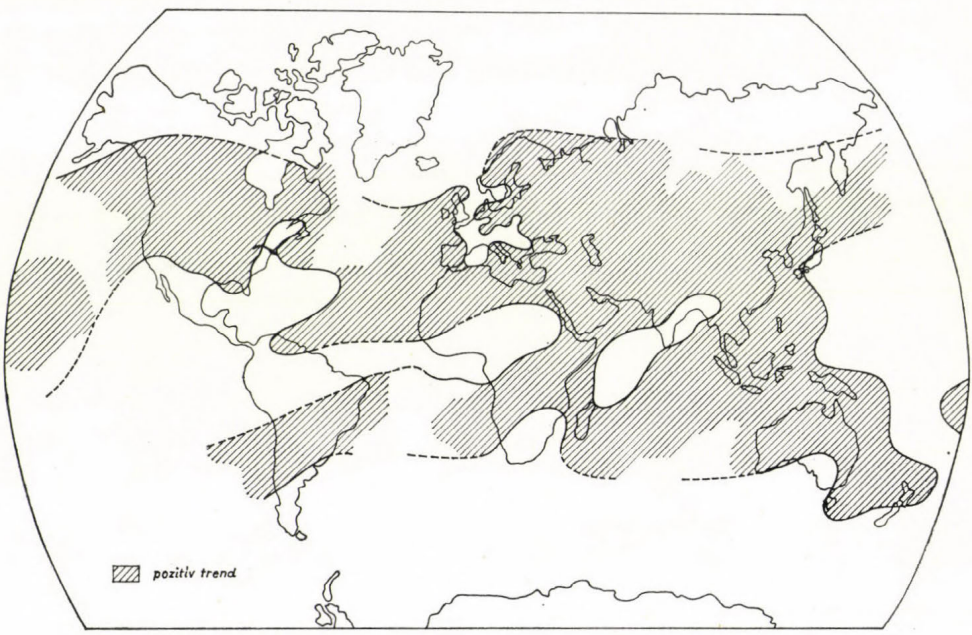
nagyobb arányú változás állapítható meg. A negatív trendű területrészekre hasonló megállapítás tehető. Az Európára kapott eredményeink megegyeznek *Koflanovits E.* eredményeivel, hozzá hasonlóan arra a következtetésre jutottunk, hogy Európa északi felében enyhe csapadéknövekedés, déli, délkeleti felében enyhe csökkenés tapasztalható.

Kiszámítottuk az összes állomás trendértékeinek átlagából adódó „világátlagot" is. Értéke az 1890 – 1970 időintervallumra 0,44 mm/év (ez a Föld átlagos 1000 mm/év csapadékának tekintve 0,44 ezrelék), ami szintén azt igazolja, hogy pozitív irányú csapadékváltozás, azaz csapadéknövekedés határozható meg a teljes 81 évre vonatkozólag, bár ez a növekedés gyakorlatilag elhanyagolhatóan kicsiny. Az egyes állomásokat külön-külön megnézve is azt tapasztaltuk, hogy igen kicsi a változás mértéke, hisz 10,2 ezreléknél nagyobb növekedés és – 5,8 ezreléknél nagyobb csökkenés sehol sem volt fellelhető.

Analízisünk második részeként, miután megvizsgáltuk a teljes 1890 – 1970 közötti időszak trendértékeinek területi változásait, azt is elemeztük, hogy időben hogyan változnak az egyes trendértékek nagyság és előjel szempontjából. Két részre bontva a teljes idősort megvizsgáltuk, tapasztalható-e növeke-

dés (vagy csökkenés) a második 40 év trendértékeiben az első 40 év értékeihez képest. Ha ugyanis kimutatható lenne kifejezett növekedés vagy csökkenés, akkor ez azt jelentené, hogy az 1930–1970 közötti időszak csapadékának alakulását befolyásolja a nagyipar világméretű elterjedése, az iparosodottság mértékének növekedése, s ezzel párhuzamosan, ennek hatásaként a fokozott környezetszennyezés.

Ennek érdekében kiszámítottuk az 1890–1930 és 1930–1970 közé eső első, illetve második időszak trendértékeit, s hasonlóan, mint az 1890–1970



4. ábra: Pozitív, illetve negatív csapadéktrendek területi elhelyezkedése 1930–1970

közötti idősor esetében, ezeket az adatokat is kifejeztük az átlag ezrelékében s térképre vittük. A *3. ábrán* az 1890–1930 közötti időszak eltérő előjelű trendértékeinek területi megoszlását, a *4. ábrán* pedig az 1930–1970 közötti időszakét mutatjuk be. Meghatároztuk a két 40 éves időszakra vonatkozó „világátlagokat" és a legnagyobb abszolutértékű mutatókat is. Azt is megszámoltuk, hány esetben volt negatív, illetve pozitív a trend előjele. Az eredményeket az *I. táblázatba* foglaltuk.

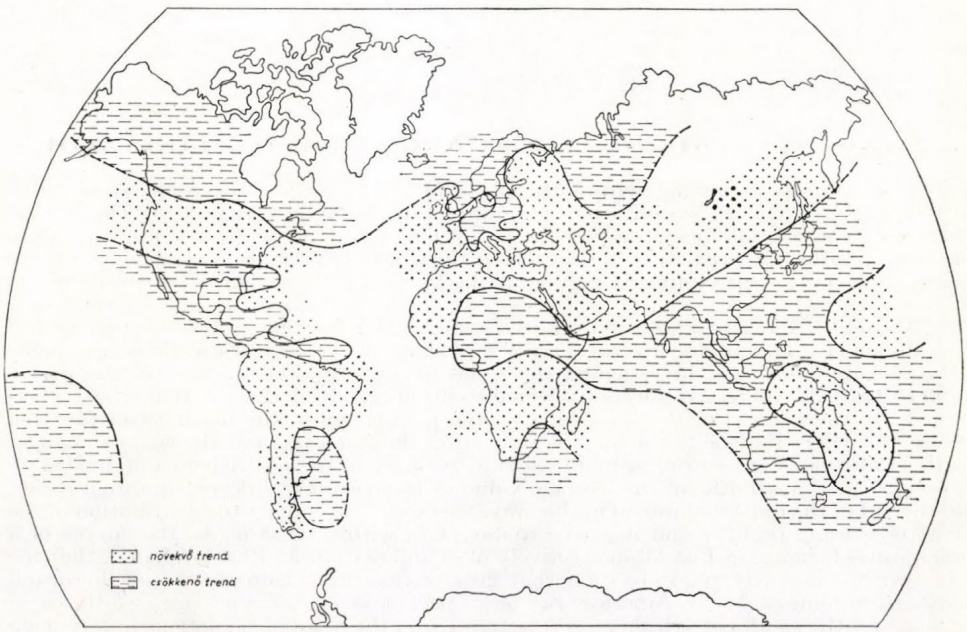
A második intervallum trendadatai között több a pozitív előjelű, s az ún.

I. TÁBLÁZAT

A csapadéktrendek jellemzői

Időszak	Állomások száma		Világátlag [‰]	legnagyobb [%]	
	–trend	+trend		növekedés	csökkenés
1890–1930	53	63	0,02	22,3	–13,9
1930–1970	48	68	0,10	17,0	–10,4
1890–1970	52	64	0,44	10,2	–5,8

világátlag is nagyobb. Ez azt bizonyítaná, hogy nagyon minimális értékkel ugyan, de nőtt a csapadék mennyisége a második időszakban az előzőhöz viszonyítva. Nem ennyire meggyőző azonban az eredmény, ha részletesebben, állomásonként hasonlítjuk össze a trendértékeket. Előjelek szempontjából elemezve a változást azt kapjuk, hogy 54 alkalommal megegyező a trend előjele a két időszakban (20 esetben negatív volt és negatív maradt, 34 esetben pozitív volt és az is maradt), 62 esetben pedig megváltozott (34 állomáson negatívból pozitív, 28-nál pozitívból negatív lett) a trend előjele. Kevés tehát



5. ábra: Az évi csapadékösszegek trendjének növekedésével, illetve csökkenésével jellemzett területek

azoknak az állomásoknak a száma, ahol az előjel pozitívvá vált (29,3%), s alig több, mint azoknak az eseteknek a száma (24,1%), ahol viszont negatívvá változott az előjel. Az előjelváltozás négyféle lehetséges fajtája nem mutat nagy szórást, közel azonos a számuk. Területi megoszlásuk rapszódikus.

Összehasonlítottuk a két időszak trendértékeit aszerint is, hogy a nagyságot nézve milyen különbség van az adatpárok között, azaz nagyobb lett-e a trend értéke vagy kisebb. Az értéknövekedést +, a csökkenést − előjellel jelölve térképre rajzoltuk a trendnövekedés, illetve csökkenés területeit. *(5. ábra.)* Az állapítható meg, hogy 62 esetben nőtt, 54 esetben csökkent a második 40 év trendértéke az első 40 év értékeihez képest. A legnagyobb növekedés 1,91 ezrelék, a legnagyobb csökkenés −2,11 ezrelék volt. A trendérték növekedésének, illetve csökkenésének területei földrajzilag jól elkülöníthetők. Észak-Amerika északi részén, Közép-Amerikában, Európa középső területein, valamint Afrika kontinensének középső vidékétől kezdődően Elő- és Hátsó-Indián végighúzódva Ausztrália nyugati feléig elnyúlva találjuk a trendcsökkenés területeit, másutt a növekedés jellemző.

Vizsgálataink eredményeit összefoglalva az állapítható meg, hogy mind a

teljes 1890–1970 közötti időintervallumra, mindpedig az ennek felbontásából adódó két félidőre nézve Földünk egészére enyhe csapadéknövekedés mutatható ki. Ez a növekedés azonban annyira kicsiny, hogy gyakorlati szempontból elhanyagolható. Nem állapíthatjuk, hogy a fokozódó környezetszennyezést okozó emberi tevékenység lényegesen befolyásolta volna a csapadék mennyiségének alakulását, s végkövetkeztetéseink lényege az, hogy Földünk csapadékrendszere – épp úgy, mint Európáé – az *elmúlt 8 évtized során változatlannak tekinthető.*

IRODALOM

A. Koflanovits E. (1977): A csapadékmennyiség változékonyságának elemzése Közép-Európában Az OMSZ kisebb kiadványai 42. sz.

Péczely Gy. (1973): A csapadék évi összegeinek változékonysága a Földön. Időjárás 1973. 1.

*

TREND-LIKE VARIATION OF PRECIPITATION AMOUNT ON THE EARTH

To variations occurring within the physical system of the atmosphere, it is the meteorological element precipitation which exhibits the highest sensitivity. The aim of this paper consists in elucidating, by the use of precipitation series extending to several decades, whether there exist, on the various regions of the Earth, some kind of systematic change, or else the precipitation regime of the various regions should be considered as a constant case.

We selected 116 precipitation stations which are possessing series of observations of sufficient length and are covering rather uniformly the areas of the various continents *(Fig. 1-a and 1-b)*, and investigated the series of precipitation amounts in the period 1890 to 1970. The data series were subjected to linear trend calculation, that is, we determined, by the method of the least squares, the parameters of the linear trend function $y=ax+b$, where the coefficient of x is indicating the intensity and the sign of changes in precipitation. For assuring a more realistic evaluation, the coefficients obtained were expressed in thousandths of the average value of the corresponding precipitation series. By the aid of the indices obtained in this way, we plotted on a chart the distribution of the areas possessing positive and negative trends, and, within these areas, the curves of a precipitation change of 1 and 3, respectively of -1 and -3 thousandths. We found, that the areas with a positive trend are somewhat greater (Northern Europe, the northern and southern regions of North America, the large part of Asia, the southern two-thirds of Africa, and the south-eastern shore of Australia), and the number of stations possessing a positive trend is somewhat higher, the difference being, however, not a large one *(Table I)*. The "world average" obtained from the trend values of all the stations is equal to 0.44 per mille, that is, a very slight increase in precipitation appears for the Earth as a whole during the 80 years under investigation.

In the second part of this analysis the variation in time of the trend values has been investigated. The total time series has been splitted into two subperiods 1890–1930 and 1930–1970. We determined the trend values expressed in proportion of the precipitation averages and plotted these values on a chart, drawing the areas characterized by positive and negative trends *(Fig. 3, 4)*. The more important parameters which characterize the trend values of the two periods are found in Table I. Comparing from station to station the signs of the trend values of the two periods 1890–1930 and 1930–1970, it is experienced, that the four possible kinds of sign change are exhibiting no large scattering, they are nearly equal in number, and their distribution in space is a rapsodic one. Comparing the trend values for the two periods according to their amounts, we delimited the areas of increase and decrease in the values *(Fig. 5)*. In the northern parts of North America, in Central America, in the central regions of Europe, and beginning in the middle regions of Africa and continuing over East India and South-East India to the western half of Australia, there are encountered areas with decreasing trend, and elsewhere the areas characterized by an increase in trend.

In summary it can be stated, that both for the whole period 1890–1970, as well as for the subperiods 1890–1930 and 1930–1970, on the whole of the Earth, a small increase in precipitation took place. This increase, however, is so slight that, from a practical point of view, it can be neglected and the precipitation regime of the Earth can be considered, during the past eight decades, as unchanged.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 82. évf. 3. szám. 1978. május – június
Journal of the Meteorological Service, Vol. 82. No 3 May – June 1978, Budapest

A turbulens szóródás mértéke hosszúsorozatú terepmérés adatai alapján

NÁRAI KATALIN, *Központi Meteorológiai Intézet, Budapest*

Determination of the Degree of Turbulent Scatter Based on Data from Long-series Fields Measurements. In this paper for the case of a point source at an altitude of 100 metres, we determined the value of the scatter coefficient σ_z by using, in the vicinity of the source (up to 300 metres of distance) photographs and, at a greater distance (up to 10 kilometres) by using the results of concentration measurements at ground-level. The investigation is based on the results of meteorological measurements and atmospheric chemistry data obtained in the area of the city of Pécs during the period 1st December 1973 to 30th November 1974. It was found that in the near vicinity of the source, the degree of turbulent scatter is a low one and it is only in a small measure depending on the stability conditions of the atmosphere. The scatter of material emanating from the point source of an altitude of 100 metres can be satisfactorily described by using the generally accepted set of curves of *Pasqkuill* and *Gifford* and by the temperature gradient prevailing in the lowest 400 metres layer of the atmosphere.

⁎

Величина турбулентной диффузии по длинному ряду данных полевых измерений. Коэффициент вертикальной турбулентной диффузии σ_z для точечного источника высотой 100 м, анализируется по фотоснимкам для ближней окрестности источника (на расстояниях ≤ 300 м) и по данным наземных измерений концентрации — для дальней окрестности (на расстояниях >10 км). В основу исследований входят данные метеорологических и химических измерений, проведенных в районе города Печ с 1 декабря 1973 г. по 30 ноября 1974 г. Автор делает вывод о том, что вблизи источника величина турбулентной диффузии небольшая и только в незначительной мере зависит от условий устойчивости атмосферы. Диффузия примесей, выбрасываемых точечным источником высотой 100 м, хорошо приближается общепринятым семейством кривых Пасквилла—Гиффорда и температурным градиентом нижнего слоя воздуха толщины 400 м.

⁎

A légkörbe került nyomanyagok hígulásának a transzmissziós modellekben való kvantitatív figyelembevételére a turbulens szóródás együtthatója szolgál. A hígulási viszonyok ily módon való figyelembevétele azon a korábban számos kutató által igazolt feltevésen alapszik, amely szerint a füstfáklyában a szennyező anyag koncentrációja a szélre merőleges horizontális és vertikális irányokban *Gauss-féle* binormális eloszlás szerint változik. Ezért a füstfáklya szélre merőleges horizontális és vertikális kiterjedése a normál eloszlás σ_y és σ_z szórás értékei segítségével határozható meg.

1. A légköri stabilitás mértéke

A különböző méretű szennyezési folyamatok és forrástípusok esetén a σ_y és σ_z paramétereknek olyan vastagságú légréteg tér- és időbeli változását

kell jellemezniök, amelyben a szóródás végbemegy. A szóródási koefficiens és a diffúzióklimatológiai adatok között kvantitatív összefüggést a stabilitási kategóriát képezik

Mivel a transzmissziós modellek érzékenyek a szóródási együttható – különösen a turbulens szóródás vertikális komponensének – változására, amely viszont a stabilitási feltételektől függ, ezért fontos feladat a légköri stabilitás mértékének minél pontosabb meghatározása.

1. 1 Stabilitás meghatározási módszerek. A légköri stabilitás mértékének meghatározására számos módszer ismert, ezek közül a leginkább használatos módszereket az alábbiakban adjuk meg.

– Szélingadozási módszer: meghatározás a szélirány füstfáklya magasságában mért horizontális vagy vertikális fluktuációja alapján (International Atomic Energy Agency 1977).

– Szinoptikus módszer: meghatározás a talajközeli szél sebessége, a beeső napsugárzás, a felhőtakaró, esetleg a látástávolság és a talajállapot alapján *(Pasquill* 1961, *Uhlig* 1965, *Manier* 1975).

A légköri stabilitás mértékének meghatározására széles körben alkalmazzák Pasquill módszerét. A stabilitási kategóriákat a talajközeli szélsebesség, nappal a besugárzás erőssége, éjjel a borultság foka szerint állapította meg *(I. táblázat)*.

I. TÁBLÁZAT

Pasquill [1961] stabilitási kategóriái

Talajközeli szél sebessége [m/s]	Nappal			Éjjel	
	beeső napsugárzás			gyengén borult vagy ≥4/8 alacsony felhő	felhő ≤3/8
	erős	mérsékelt	gyenge		
<2	A	A–B	B		
2–3	A–B	B	C	E	F
3–5	B	B–C	C	D	E
5–6	C	C–D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

– Hőmérsékleti gradiens módszer: meghatározás azon vastagságú légréteg hőmérsékleti rétegződése alapján, amelyben a füstfáklya szóródik *(Szepesi, Popovics és mások* 1977).

A gyakorlati alkalmazás szempontjából Szepesi a légkörben előforduló átlagos hőmérsékleti gradiens értékeket hét kategóriába sorolta *(II. táblázat)*.

A hőmérséklet magassággal való változása radioszondával mért adatokból,

II. TÁBLÁZAT

A vertikális hőmérsékleti gradiens kategóriái (Szepesi, 1967)

Elnevezés		Stabilitási kategória	Átlagos hőmérsékleti gradiens, $\Delta T/\Delta z$ [C°/100 m]
Stabilis:	erős inverzió	1	< –1,50
	inverzió	2	–1,50 – –1,01
	gyenge inverzió	3	–1,00 – –0,51
Gyengén stabilis:	negatív izoterm	4	–0,50 – –0,01
	pozitív izoterm	5	0,00 – 0,50
	normális	6	0,51 – 1,00
Labilis		7	>1,00

vagy megfelelő magasságú meteorológiai tornyon végzett mérésekből határozható meg. Az ilyen típusú méréseket a domborzat befolyása alatt álló területen legjobban a közeli, néhány száz méter magas hegyen végzett vizsgálatok eredményei helyettesíthetik. Ezek az ún. orografikus mérések adatai azonban bizonyos mértékben a talajfelszín hatását is tükrözik, különösen gyenge áramlási helyzetekben. A Mecsek hegység oldalában, négy különböző magasságban (125 m, 360 m, 534 m és 616 m) regisztrált léghőmérséklet adatok analízise alapján megállapítást nyert, hogy a közelben levő 100 m magas pontforrás diszperziós viszonyainak reprezentálása szempontjából az orografikus gradiensek közül a 409 m vastag légréteg hőmérsékleti gradiensei a legmegfelelőbbek *(Szepesi, Popovics és mások,* 1977).

– Richardson szám módszer: meghatározás azon vastagságú légréteg vertikális hőmérséklet és szélsebesség gradiense (esetleg a talajszél sebessége vagy a rétegre jellemző szélsebesség) alapján amelyben a füstfáklya szóródik (International Atomic Energy Agency 1977).

Több olyan módszer ismeretes, amely a fentieket kombinálja.

1. 2 Stabilitási kategóriák összevetése A *Pasquill*-féle stabilitási kategóriák és a hőmérsékleti rétegződés összevetését 1970–1974 évekre, Budapest (Pestlőrinc) területére végeztük el. A napi négy radioszondás felszállás időpontjában – 00, 06, 12 és 18 GMT-kor – a felszállásokból meghatároztuk az alsó 300m-es légréteg átlagos vertikálishőmérsékleti gradiensét. Ugyanazon időpontokban a helyi mérések és észlelé-sek adataiból megállapítottuk a *Pasquill*-féle stabilitási kategóriákat.

A vizsgált öt évben a *Pasquill* kategóriák közül leggyakrabban a *D* kategória fordult elő; az *A* kategória nagyon ritka volt. A hőmérsékleti gradiens legnagyobb gyakorisággal 0,51–1,00C°/100 m értékközbe *(Szepesi* 6-os stabilitási kategóriája) esett, míg –1,50C°/100 m-nél kisebb gradiens érték (1-es kategória) legritkábban alakult ki.

A III. táblázat – az öt év feldolgozása alapján – a *Pasquill* stabiilitás kategóriáknak megfeleltetett átlagos vertikális hőmérsékleti gradiens értékeit, illetve az ehhez tartozó stabilitási kategóriákat mutatja.

A fentiekhez hasonló eredmény adódott a Mecsek hegységben a 409 m vastag légréteg hőmérsékleti gradiensének és a helyi mérések alapján egyidejűleg meghatározott *Pasquill* kategóriák egy évi adatainak (1973. december 1–1974. november 30) összevetésekor is.

1971-ben Budapest területén a különböző vastagságú légrétegek (300 m, 600 m és 1500 m) átlagos vertikális hőmérsékleti gradiens értékeit vetettük össze a *Pasquill* stabilitási kategóriákkal. A vizsgálatból kitűnt, hogy a *Pasquill* stabilitási osztályozás és az alsó légréteg hőmérsékleti rétegződése között

III. TÁBLÁZAT

Különböző stabilitási kategóriák összevetése (Budapest, 1970–1974)

Pasquill kategória	Labilis			normális	Stabilis				
	erősen A	mérsékelten B	gyengén C	D	gyengén E	mérsékelten F			
$\Delta T/\Delta z$ [C°/100 m]	2,0	1,5	1,0	0,5	0,0	−0,5	−1,0	−1,5	−4,0
Szepesi kategória	7			6	5	4	3	2	1

a kapcsolat annál kisebb, minél vastagabb légréteget tekintünk (a korrelációs együttható értéke: 300 m-es réteggel való összehasonlításnál 0,62, 600 m-es réteg esetén 0,50, míg 1500 m vastag rétegnél csak 0,35).

A különböző típusú és magasságú források füstfáklyája eltérő vastagságú légrétegben terjed. Míg a területi források füstje alsó néhány tíz, esetleg száz méter vastagságú rétegben szóródik, addig magas forrás esetén több száz méter vastagságú légrétegben. A *Pasquill*-féle kategóriák elsősorban az alsó 100—200 m-es légréteg stabilitási viszonyait jellemzik reprezentatívan, tehát főként alacsonyabb források (≤ 100 m) esetén alkalmazhatók. Minél magasabb forrás szennyező hatását vizsgáljuk, a *Pasquill*-féle osztályozás annál kevésbé alkalmas azon légréteg tényleges stabilitási viszonyainak jellemzésére, amelyben a füstfáklya szóródik.

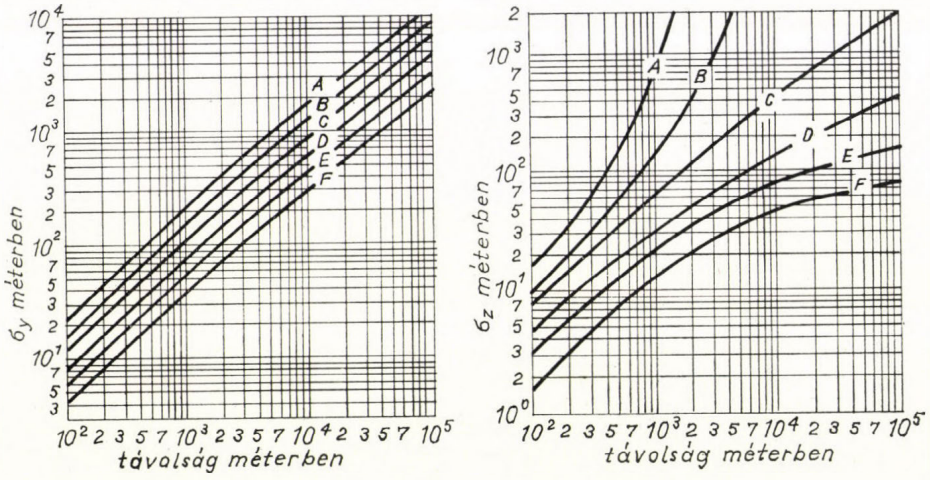
2. *A vertikális turbulens szóródási együttható vizsgálata*

A turbulens szóródás szélirányra merőleges σ_y horizontális és σ_z vertikális együtthatója a füstfáklya vertikális és a fáklya terjedési irányára merőleges horizontális irányban való fényképéből és a füstfáklyában a szélre merőleges horizontális és vertikális irányban történő koncentráció mérés adataiból állapítható meg *(Slade* 1968). A füstfáklyában a koncentráció mérést repülőgéppel, helikopterrel vagy magas meteorológiai tornyon végzik; vagy amennyiben a füstfáklya forrástól nem nagy távolságban eléri a talajt, a talajon elhelyezett mintavevő hálózat segítségével.

Jelen dolgozat a vertikális turbulens szóródás mértékét a forrás közeli környezetében fénykép felvételek, míg távolabbi környezetben a talajon végzett koncentráció mérések adatai alapján vizsgálja.

A turbulens szóródás szélirányra merőleges σ_y horizontális és σ_z vertikális együtthatóit — elsősorban *Pasquill* diffúziós kísérletei alapján — *Gifford* 1961-ben *Pasquill* stabilitási kategóriája és a forrástól való távolság függvényében grafikusan adta meg *(1. ábra)*.

2.1 A vizsgálat alapját képező mérések. 1973. december 1—1974. november 30 közötti időszakban Pécsett a meteorológiai méréseket a Központi Légkör-



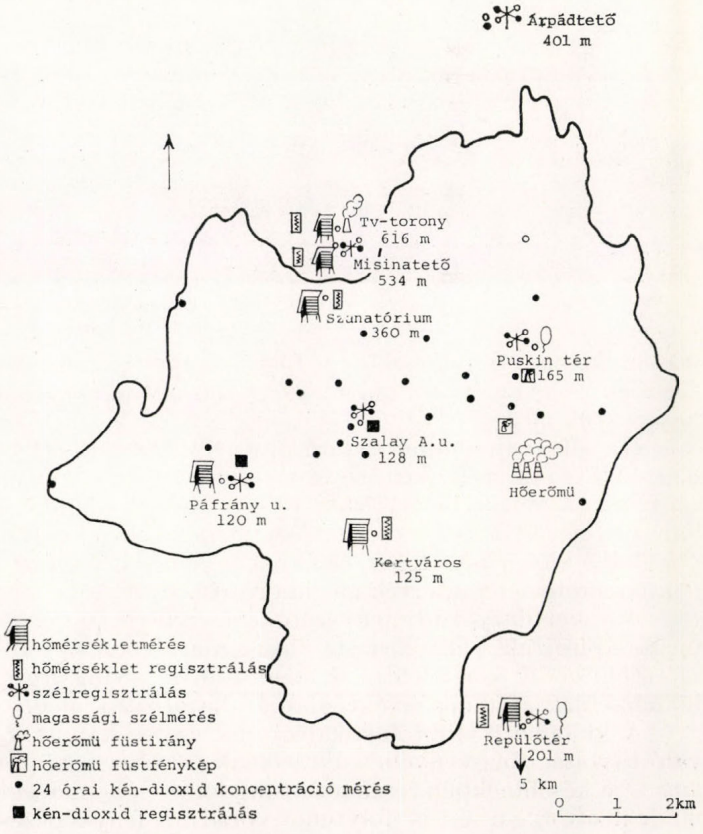
1. ábra: σ_y és σ_z görbeserege (Gifford 1961)

fizikai Intézet Levegőkörnyezet kutató főosztálya és a levegőkémiai méréseket a Baranya megyei KÖJÁL hajtotta végre. A mérőhálózatot a *2. ábrán* mutatjuk be.

A léghőmérséklet mérése naponta háromszor hat állomáson történt; ezekből öt állomáson a hőmérsékletet regisztráltattuk is. A mérőhelyek különböző tengerszintfeletti magasságokban helyezkedtek el. A talajközeli szélirány és szélsebesség regisztráltatást hat állomáson, magassági szélmérést naponta háromszor, illetve négyszer két állomáson végeztünk. A Misina-tetőn levő TV-toronyból naponta négyszer észleltük a hőerőmű füstfáklyájának terjedési irányát. A fent leírt mérési program részletes leírását, valamint a városi légszennyeződés szimulálásánál felhasználásra kerülő diffúzióklimatológiai paraméterek meghatározását és értékelését *Szepesi, Popovics, Nárai, Iványi és Mersich* (1977) cikke tartalmazza.

A Pécsi Hőerőmű kéményeinek füstfáklyáját a kéményekhez közeli távolságban levő két pontból négy illetve hat hónapon keresztül naponta háromszor — 7, 13 és 17 órakor — fényképeztük. A fényképekből a látható füstfáklya alakját és vertikális kiterjedését határoztuk meg.

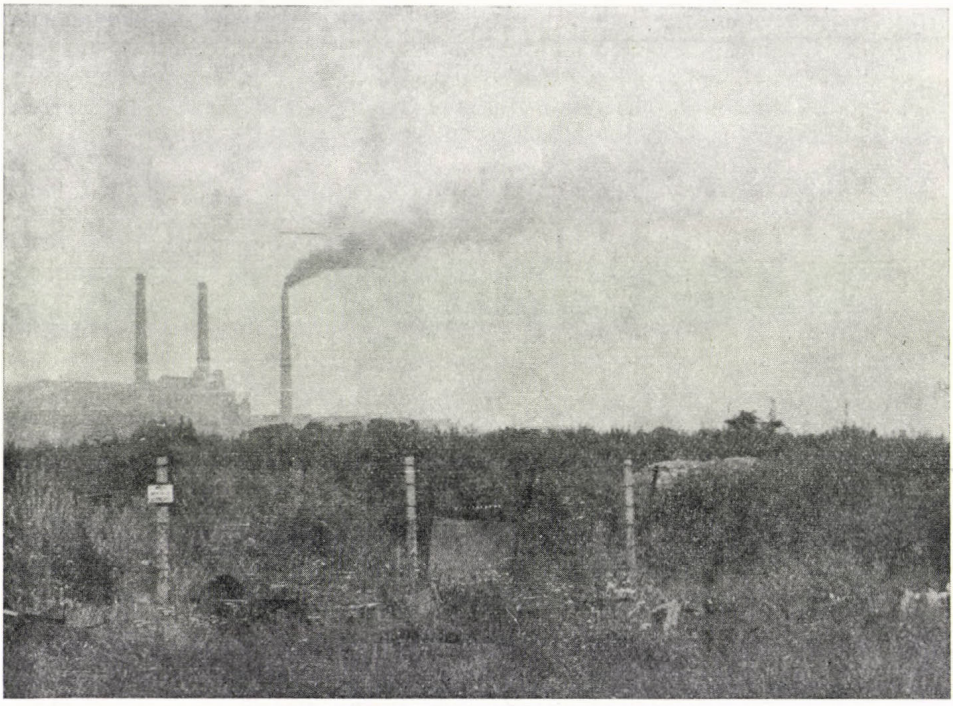
A 24 órai kén-dioxid koncentráció mérés 27 állomáson volt, amelyek közül 19 állomás rendelkezik 1973. december 1 — 1974. november 30 közötti időszakban teljes egy évi mérési sorral. Két állomáson nyolc illetve tíz hónapon keresztül kén-dioxid regisztrálás is történt.



2. ábra: Meteorológiai és levegőkémiai mérőhálózat Pécsett 1973. december 1 — 1974. november 30 között

2.2 A vertikális turbulens szóródási együttható a forrás közeli környezetében. A vertikális turbulens szóródás mértékét a forrás közeli környezetében a Pécsi Hőerőmű 100 m magas kéményeinek füstjéről készített fényképfelvételek *(3. ábra)* alapján vizsgáltuk.

A fényképek egy része nem volt kiértékelhető, mert a füst rögtön a kibocsátást követően láthatatlanná vált, vagy csaknem egyenesen emelkedett.



3. ábra: A Pécsi Hőerőmű kéményeinek füstje

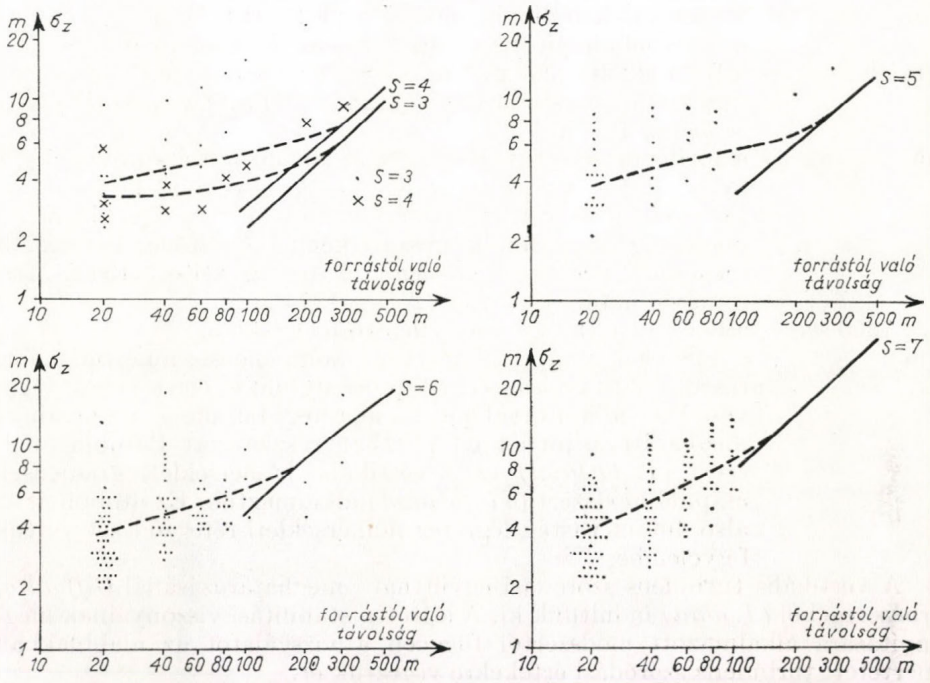
Az értékelhető fényképekből a füst vertikális kiterjedését — a láthatóságtól függően — a kéménytől különböző távolságban, maximálisan 300 m távolságig határoztuk meg.

Ha elfogadjuk több kutató által (pl. *Pasquill, Gifford)* tett feltételezést, hogy a füstfáklya látható része megfelel annak a kontúrnak, amelyen a koncentráció a tengelymenti érték 10 százaléka; valamint hogy vertikális irányban a szennyezőanyag koncentrációja normális eloszlást mutat, akkor a füst vertikális kiterjedése $4{,}28\sigma_z$ értékkel egyenlő. Így a füst vertikális kiterjedésének ismeretében a σ_z érték meghatározható.

A σ_z vertikális turbulens szóródási együttható vizsgálatának időpontjában megállapítottuk a légköri stabilitás mértékét. A stabilitási kategóriákat a *II. táblázatnak* megfelelően az alsó 409 m vastag légréteg átlagos vertikális hőmérsékleti gradiens értékei alapján határoztuk meg.

A különböző stabilitási kategóriák esetén kapott σ_z értékeket a forrástól való távolság függvényében ábrázoltuk *(4. ábra)*. Az ábrára felvittük *Gifford-nak* — a későbbiekben részletezett módon — a hőmérsékleti rétegződés alapján módosított σ_z görbéit is (folytonos vonal). A fényképezés időpontjában az 1-es

és a 2-es stabilitási kategória nem fordult elő, ezért az ábrán nem szerepel. Látható, hogy adott távolságban a σ_z értékek erősen szórnak. A *Gifford* módosított görbe figyelembe vételével a mért értékek alapján a σ_z görbét kiterjesztettük 100 m-nél kisebb távolságra (szaggatott görbe). A különböző légrétegződésnél kapott σ_z értékek összevetése mutatja, hogy a forrás közelében a turbulens szóródás mértéke csak kis mértékben változik.



4. ábra: A különböző stabilitásnál mért σ_z értékek a távolság függvényében

2.3 A vertikális turbulens szóródási együttható a forrás távolabbi környezetében. A magas forrás szóródási viszonyait a forrás távolabbi környezetében (10 km-nél kisebb távolságban) egy éven keresztül végzett terepmérések adatai alapján vizsgáltuk.

A vizsgálat Pécs város területén, a város dél-keleti részén levő hőerőmű 100 m magas kéményeire történt. A Pécsi Hőerőmű kéményeinek kén-dioxid emissziója következtében a város területén okozott kén-dioxid szennyezést különböző vertikális turbulens szóródási értékek esetén határoztuk meg. A hőerőmű szennyezését a város területi forrásaiból eredő kén-dioxid szennyezéshez hozzáadva, a számított értékeket a mérttel vetettük össze.

A Pécsi Hőerőmű által okozott 24 órai átlagos kén-dioxid koncentrációt a két óránként számított részeredmények átlagából nyertük:

$$\bar{I}_i^{24\acute{o}} = \frac{1}{12} \sum_{t=2}^{24} . \bar{I}_{it}$$

i — a számítási pont sorszámát jelenti. A számítást 158 pontra végeztük el.

A vizsgált magas pontforrás két órai átlagkoncentrációjának meghatározására a turbulens diffúzió általánosított egyenlete szolgált:

$$\bar{I}_i = \frac{2{,}032\,E}{u\,\sigma_z\,x} \exp\left(-\frac{H^2}{2\,\sigma^2{}_z}\right) \exp\left(-\frac{0{,}693\,x}{t_{1/2}u}\right),$$

ahol

$\bar{I}_i$[mg/m³] — i-edik pontban a két órai átlagkoncentráció,

E[mg/s] — a hőerőmű kén-dioxid emissziója; a Pécsi Hőerőműből kapott adatokból állapítottuk meg *(Szepesi, Kisberk* 1976),

u [m/s] — a füstfáklyára jellemző szélsebesség; a talajközeli és a magassági szélmérések adataiból határoztuk meg *(Szepesi, Popovics és mások* 1977),

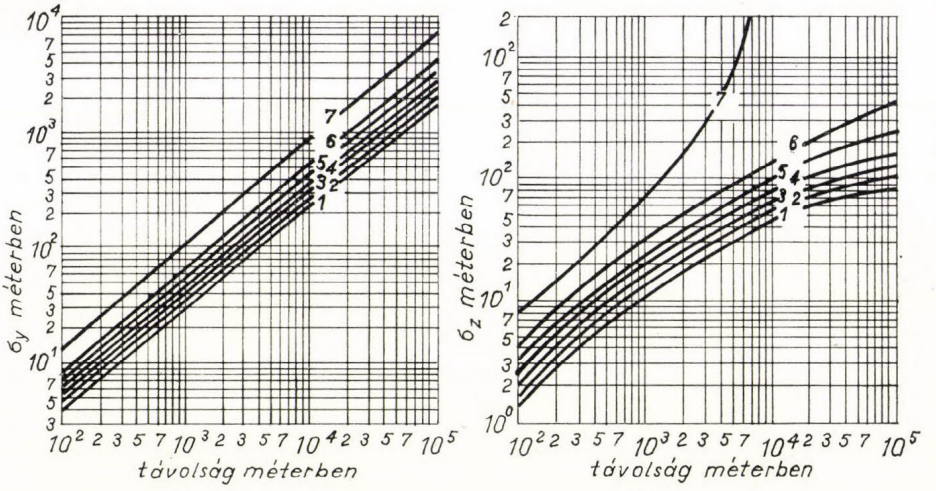
x[m] — a forrástól való távolság; 500 m-enként a széliránytól függő távolságig — maximálisan 8500 m-ig — vettük,

H[m] — az effektív kéménymagasság, amely a tényleges kéménymagasság és az ún. kiegészítő kéménymagasság összege. A kiegészítő kéménymagasságot az egyszerűsített Briggs formulával határoztuk meg *(Nárai* 1974).

$t_{1/2} = 7200$ sec — a kén-dioxid kifogyását jellemző felezési idő,

σ_z[m] — a turbulens szóródás vertikális komponense, amelyet a forrástól való távolság és a légköri stabilitás mértékének függvényében állapítottuk meg. A légréteg stabilitási viszonyainak meghatározására az 1.1 pontban részletezett Pasquill módszert *(I. táblázat)* és a vertikális hőmérsékleti gradiensen alapuló módszert *(II. táblázat)* alkalmaztuk. Ez utóbbinál az alsó 409 m vastag légréteg hőmérsékleti rétegződését vettük figyelembe.

A vertikális turbulens szóródási együttható meghatározásánál *Gifford* σ_z görbeseregéből *(1. ábra)* indultunk ki. A légréteg stabilitási viszonyainak megállapítására alkalmazott módszertől függően a vizsgálatot az alábbiakban ismertetett turbulens szóródási értékekre végeztük el:



5. ábra Módosított σ_y és σ_z görbeserege

a) *Pasquill*-féle stabilitási kategória és a forrástól való távolság függvényében *Gifford* által megadott σ_z értékek esetén *(1. ábra)*.

b) A hőmérsékleti rétegződés és a forrástól való távolság függvényében *Gifford* módosított σ_z értékei esetén *(5. ábra)*. Az ábrán a módosított σ_y értékeket is megadtuk. A turbulens szóródás együtthatóinak a megállapítása a *Pasquill*-féle stabilitási kategóriáknak a hőmérsékleti gradiens értékeivel való megfeleltetésen alapult *(III. táblázat)*.

A különbözőképpen meghatározott σ_z görbesereget 10 km-nél kisebb távolságban a következő összefüggés alapján közelítettük:

$$\sigma_z = ax^b,$$

ahol a és b a légköri stabilitás mértékétől függő tényezők a *IV. táblázatban* láthatók.

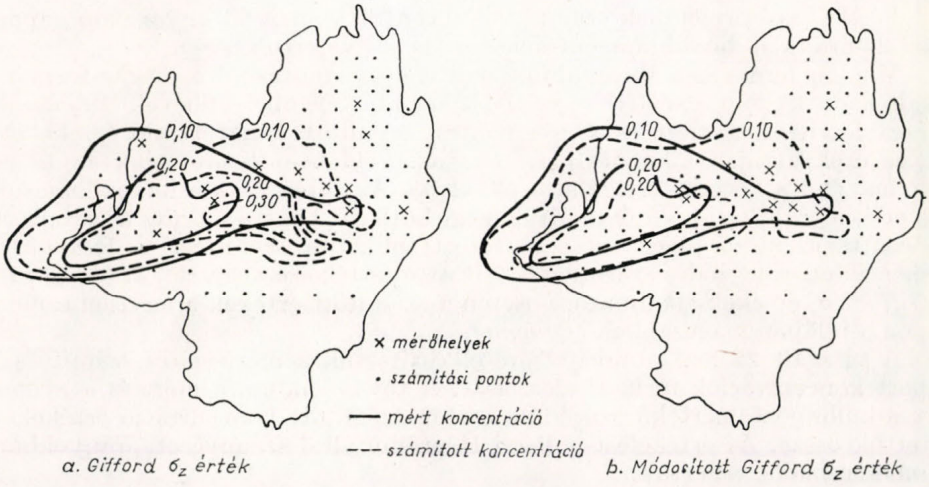
IV. TÁBLÁZAT

A vertikális turbulens szóródás tényezői a stabilitási kategória függvényében

Pasquill kategória	a	b	*Szepesi* kategória	a	b
			1	0,243	0,565
A	0,000000370	3,06	2	0,252	0,593
B	0,000526	1,79	3	0,285	0,598
C	0,205	0,836	4	0,333	0,603
D	0,322	0,670	5	0,305	0,640
E	0,300	0,622	6	0,322	0,670
F	0,250	0,578	7	0,00392	1,43

A vizsgálat céljából 1973. december 1 – 1974. november 30 közötti időszakban 22 olyan napot választottunk ki, amikor a nap folyamán számottevő csapadék nem volt, és a hőerőmű a várost kén-dioxiddal szennyezte.

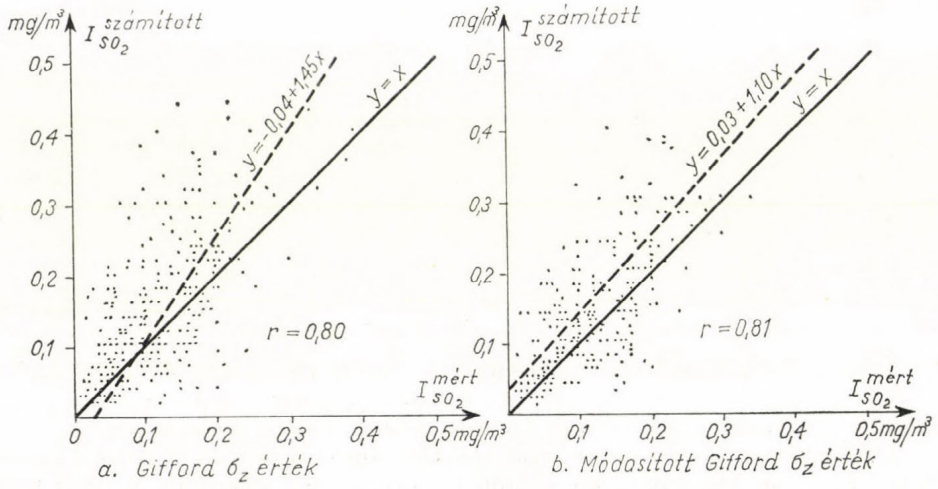
A 22 napon először a város területén 158 pontban meghatároztuk a városi területi források kén-dioxid emissziója következtében kialakuló 24 órai kén-dioxid koncentráció értéket, amelyre a Pécsi Hőerőmű szennyezése szuper-



6. ábra: Különböző σ_z esetén a mért és a számított kén-dioxid koncentráció összevetése Pécsett 1974. március 28-án

ponálódni fog. Az alkalmazott meteorológiai szimulációs modellt *Szepesi* (1978) dolgozta ki. A kidolgozott modell helyességét olyan napokon igazoltuk, amikor a hőerőmű a várost nem szennyezte. A számítás méréssel való összevetése jó egyezést mutatott.

A Pécsi Hőerőmű által a város területén 158 pontban okozott 24 órai kéndioxid koncentráció értéknek a meghatározása a magas pontforrásra kidolgozott – fentebb leírt – meteorológiai szimulációs modell alapján történt. A vizsgálatot 22 napra, és minden napon a vertikális turbulens szóródási együttható kétféle módon megadott értékeire végeztük el. Ezután a hőerőmű számított kén-dioxid terhelését a városi területi források kén-dioxid szennyezéséhez adtuk hozzá.



7. ábra: Különböző σ_z esetén a mért és a számított kéndioxid koncentráció összevetése Pécsett

Pécs város területének számított koncentráció mezejét ugyanazon napon mért 24 órai kén-dioxid koncentráció eloszlással vetettük össze.

Minden napra két ábrát állítottunk elő a számításnál a magas forrásra alkalmazott különböző mértékű szóródásnak a figyelembe vételével. Mindegyik ábrára felvittük a mért és a 158 pontra számított koncentráció értékeket, illetve ezek alapján kihúzott izovonalakat. Példaként bemutatjuk az 1974. március 28-ára végzett vizsgálatot *(6. ábra)*. Az ábrán csak a mérőállomások helyét és a számítási pontokat adtuk meg. Látható, hogy a mért és a számított koncentráció mező jó egyezést mutatott, mikor a számítást *Giffordnak* a hőmérsékleti rétegződés szerint módosított σ_z értékeire végeztük el (6b ábra). A *Gifford* σ_z értékek alkalmazása esetén a számított értékek a mértnél ezen a napon általában magasabbak *(6a ábra)*.

A vizsgált 22 nap mindegyikére elkészítettük a méréssel és számítással kapott koncentrációk területi eloszlását. A továbbiakban a mért és a magas forrás különböző mértékű szóródása esetén számított koncentráció értékeket vetettük össze. Az értékelést a Pécsi Hőerőmű által szennyezett irányokban kilométerenként végeztük.

A vizsgálat eredményét a *7. ábra* szemlélteti. Az ábrán megadtuk a mért és a számított koncentráció értékeit. Ezenkívül feltűntettük a korrelációs

együttható értékét (jelölés *r*), a pontok alapján meghatározott regressziós egyenest, valamint az $y=x$ egyenest. Az ábrából kitűnik, hogy mindkét vertikális turbulens szóródási együttható alkalmazása esetén a mért és a számított koncentráció értékek összevetése jó egyezést mutatott (korrelációs együttható kb. 0,80); a számítás általában nagyobb értékeket adott. A számítás a méréssel a leggyakrabban előforduló koncentráció tartományban ($<0{,}2$ mg/m^3) a *Gifford* σ_z érték alkalmazása esetén, míg nagyobb koncentráció értékeknél a módosított *Gifford* σ_z érték esetén mutatott jobb egyezést.

3. Összefoglaló következtetések

A lokális méretű szennyezési folyamat σ_z turbulens szóródási együtthatóját a különböző stabilitás meghatározási módszerek összehasonlítása, illetve egy éven keresztül végzett terepmérések adatai alapján vizsgáltuk.

Eredményeinket röviden az alábbiakban foglalhatjuk össze:

a) A *Pasquill*-féle stabilitási kategóriák és az alsó talajközeli légréteg átlagos vertikális hőmérsékleti gradiense között az összefüggés a légréteg vastagságának növekedésével csökken.

b) A forrás közeli környezetében (100 m-nél kisebb távolságban) a vertikális turbulens szóródás mértéke alacsony ($\sigma_z \sim 5$), és csak kis mértékben függ a légkör stabilitási viszonyaitól.

c) 100 m magas pontforrásból származó szennyező anyag szóródása 10 km-nél kisebb távolságban jól jellemezhető az általánosan használt *Gifford* görbeseregnek az alsó kb. 400 m vastag légréteg hőmérsékleti rétegződése alapján transzformált értékeivel *(5. ábra)*.

IRODALOM

Gifford, F. A. (1961): Uses of Routine Meteorological Observations for Estimating Atmospheric Dispersion. Nuclear Safety 2, 4, 47–51.

International Atomic Energy Agency (1977): Division of Nuclear Safety and Environmental Protection. Safety Guide on Atmospheric Dispersion in Nuclear Power Plant Sitting.

Manier, G. (1975): Vergleich zwischen Ausbreitungsklassen und Temperaturgrandienten. *Meteorologische Rundschau*, Nr. 28, 1–32.

Nárai, K. (1974): Az effektív kéménymagasság meghatározása. *Időjárás*, 78. évf., 4. szám, 240–246.

Pasquill, F. (1961): The Estimation of the Dispersion of Windborne Material. *The Meteorological Magazine*, Vol. 90, No. 1063, 33–49.

Slade, D. H. (1968): Meteorology and Atomic Energy. U. S. Atomic Energy Commission. Division of Technical Information.

Szepesi, D. (1967): Légszennyező anyagok turbulens diffúziójának meteorológiai föltételei Magyarországon. OMI Hivatalos Kiadványai, XXXII. kötet. Budapest.

Szepesi, D.–Kisberk, I. (1976): A városi légszennyeződés meteorológiai szimulálása. 1. rész: Légszennyező anyagok városi méretű emissziókatasztere. *Időjárás*, 80. évf., 4. szám. 189–201.

Szepesi, D.–Popovics, M.–Nárai, K.–Iványi, Zs.–Mersich, I. (1977): A városi légszennyeződés meteorológiai szimulálása. 2. rész: A transzmisszió szimulálásának diffúzióklimatológiai alapjai. *Időjárás*, 81. évf., 3. szám, 129–146.

Uhlig, S. (1965): Bestimmung der Stabilitätsgrade der Luft an Hand von Wettermeldungen. Mitteilungen des Deutschen Wetterdienstes, Nr. 35, 3–12.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 82. évf. 3. szám. 1978. május – június
Journal of the Meteorological Service, Vol. 82. No 3 May – June 1978 Budapest

Some Ways of Improving Mathematical Modelling of Air Pollution

F. HESEK, *Geophysical Institute of SAS, Bratislava*

A légszennyeződés matematikai modellezésének továbbfejlesztése. A szerző a légszennyeződés terjedésére kidolgozott, különböző matematikai közelítéseket írja le és hasonlítja össze egymással. Bemutatja az általa kidolgozott modellt, amely véleménye szerint a *Gauss*-féle modellnél jobb közelítést ad a terjedésre, és különösképpen jól alkalmazható a légszennyeződés előrejelzésére.

*

Усовершенствование математического моделирования загрязнения атмосферы. Автор описывает и сравнивает между собой различные математические приближения, разработанные для определения распространения вредных примесей в атмосфере. Приводится разработанная им модель, которая, по его мнению, лучше приближает распространение примесей по сравнению с моделью *Гаусса* и может особенно удобно применяться для предсказания загрязнения воздуха.

*

Mathematical air pollution modeling has been playing an important part in the solution of air pollution problems in every country afflicted by this negative consequence of our civilization. Problems of protection against air pollution, however, have not been solved yet. Industrial growth will always depend on the development of energetics, besed mainly on fossil fuel combustion. Enormous expansion of transportation, which is the source of especially harmful pollutants, is also characteristic for our era. This means that the quantity of pollutants emitted into the air will continue to grow augmenting, at the same time, the significance of air pollution modeling as an important tool of investigating these problems. That is why the question of improvement of air pollution modeling is of such an importance.

Overwhelming majority of air pollution models existing currently, uses the so called Gaussian models, i. e. models based on the idea of Gauss's distribution of pollutants in the smoke plume or smoke cloud i. e.

$$q(x, y, z) = \frac{\Theta}{2\pi U \sigma_y(x) \sigma_z(x)} exp\left[\frac{-y^2}{2\sigma_y^2(x)}\right]\left\{exp\left[\frac{-(z-H)^2}{2\sigma_z^2(x)}\right] + exp\left[\frac{-(z+H)^2}{2\sigma_z(x)}\right]\right\} \quad (1)$$

This relation was subject to a great number of experimental tests in a neutrally stratified atmosphere. Diffusion parameters $\sigma_y(x)$, $\sigma_z(x)$ according to the rela-

tion (1) have the meaning of standard deviations of pollutant distribution in the smoke plume in direction y, or z, that means that they characterize the capacity of atmosphere to disperse pollutants in the space. They are functions of meteorological conditions (mainly of thermal stratification of atmosphere) and of the diffusion time (distance from the source). For stationary and homogeneous turbulence they can be calculated by means of Taylor's relations. In the real atmosphere diffusion parameters have to be determined empirically. A correct application of the relation (1) should start by determinig the parameters $\sigma_y(x)$ and $\sigma_z(x)$ on the basis of ground field measurements of air pollution at different meteorological conditions in order to be consistent with the relation (1). But in practice it is impossible to proceed in this way. That is why we use the fact that at approximately identical meteorologic conditions and above a plain and even earth surface the capacity of atmosphere to diffuse pollutants is the same everywhere. In 1961 *Gifford* [2] and *Pasquill* [5] estrapolated accesible measurements of $\sigma_y(x)$ and $\sigma_z(x)$ as far as 100 km from the source for different stability categories. These data are, with only small modifications, used almost exclusively up today.

Dispersion of pollutants in the atmosphere can be quantitatively described also by aid of the turbulence diffusion equation. But since we still do not know how to solve the diffusion equation analytically in complete form at a general dependence of the wind velocity and diffusion coefficients from coordinates, it is inevitable to introduce simplifying premises. It is only logical that the diffusion equation will depend on the difference between the simplifying premises and real conditions in the atmosphere.

Gaussian distribution of chemically inert pollutants in a smoke plume can be obtained also by analytical solution of a diffusion equation in the form

$$U\frac{\partial q}{\partial x} = K_y\frac{\partial^2 q}{\partial y^2} + K_z\frac{\partial^2 q}{\partial z^2} \tag{2}$$

presuming that turbulence is stationary and homogeneous and there is an ideal reflection of pollutants on the earth surface.

Solution of the equation (2) with boundary conditions

$$\begin{aligned} &\lim_{x\to x'} q(x, y, z) = \frac{Q}{U}\delta(y-y')\delta(z-H) \\ &\lim_{x,y\to\pm\infty} q(x, y, z) = 0 \\ &K_z\frac{\partial q}{\partial z}\bigg|_{z=0} = 0 \end{aligned} \tag{2a}$$

for a continuous point source placed in a point $(0,0,H)$ results in the form

$$q(x, y, z) = \frac{Q}{4\pi U x\sqrt{K_y K_z}} exp\left[-\frac{y^2 U}{4K_y x}\right]\left\{exp\left[-\frac{(z+H)^2}{4K_z x}\right] + exp\left[-\frac{(q-H)^2}{4K_z x}\right]\right\} \tag{3}$$

reminding of the relation (1). Diffusion coefficients K_y, K_z are as empiric parameters as $\sigma_y(x)$ and $\sigma_z(x)$. The only difference is that the relation (3) is va-

lid only for stationary and homogeneous turbulence and the relation (1) has no such limitations.

The relation (3) can formally be indentified with the relation (1) if the so called effective diffusion coefficient is introduced, which varies with the distance from the source.

$$K_{\mathrm{ief}}(x) = \frac{U}{2}\frac{d\sigma_i^2}{dx} \qquad i = y, z \tag{4}$$

In the ground layer of the atmosphere the condition of space homogeneous turbulence is not at all met. Even at a very simple condition, such as a plain and flat earth surface, the wind velocity U and diffusion coefficients K_y and K_z vary according to the elevation above the earth surface. Besides that we can demonstrate on the basis of the theory of similarity —[1]— that in real atmosphere diffusion coefficients K_y and K_z vary with the distance from the source.

If we assume the wind velocity U and diffusion coefficients K_y and K_z vary with the coordinates following the exponential law, i. e.

$$U(z) = U_0 z^m; \qquad K_y(x, z) = K_{0y} x^k z^m; \qquad K_z(x, z) = K_{0z} x^l z^n \tag{5}$$

we can solve the diffusion equation (6) analytically in a relatively general form

$$U(z)\frac{\partial q}{\partial x} = K_y(x, z)\frac{\partial^2 q}{\partial y^2} + \frac{\partial z}{\partial} K_z(x, z)\frac{\partial}{\partial z} + S(x, y, z) \tag{6}$$

where $S(x, y, z)$ is a function describing the distribution and strength of pollution sources.

With boundary conditions

$$\lim_{x \to x'} q(x, y, z) = \frac{1}{U(H)}\delta(y - y')\delta(z - H) \tag{6a}$$

$$\lim_{x, y \to \pm\infty} q(x, y, z) = 0$$

$$K_z \frac{\partial q}{\partial z}\bigg|_{z=0} = 0; \qquad K_z \frac{\partial q}{\partial z}\bigg|_{z=h} = -\beta q$$

the solution of equation (6) for a continuous point source placed in a point (0,0,H) has the form—[3]

$$q(x, y, z) = \frac{\Theta}{\sqrt{\frac{4K_{0y}U_0 x^{1+k}}{\pi(1+k)}}}\, exp\left[-\frac{y^2 U_0(1+k)}{4K_{0y}x^{1+k}}\right] \cdot$$

$$\cdot \sum \frac{(zH)^{(1-n)/2} I_{-\nu}(\lambda_i H^\alpha) I_{-\nu}(\lambda_i z^\alpha)}{\frac{h^{(n+m)/2}}{\alpha\lambda_i}\left[h^{1-n} + \frac{(1-n)\beta K_{0z}}{\alpha^2 K^2_{0z}\lambda^2_i h^{n+m} + \beta^2}\right]} exp\left[-\frac{\lambda^2\alpha^2 K_{0z} x^{1+l}}{U_0(1+l)}\right] \tag{7}$$

where $I_\nu(x)$ is Bessel's function of the first type, ν-st order,

λ_i are the eigenvalues,

h is the height of the mixing layer,

$$\nu = \frac{1-n}{2-n+m} \quad , \quad \alpha = \frac{2-n+m}{2}$$

Boundary conditions are given in the coordinate system showed in *fig. 1.* The beginning of the coordinate system is placed on the height of the mixing layer, the vertical axis is directed downwards.

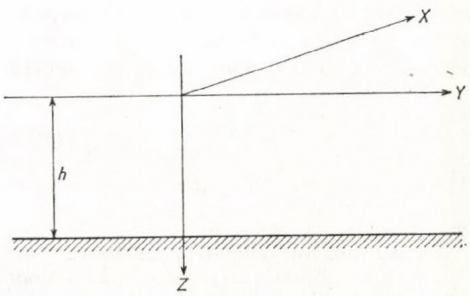


Fig. 1: Coordinate system

It can be demonstrated that the relation (7) obtained from relatively general premises is a generalization of solutions of the diffusion equation, obtained at less general premises. For instance, if we suppose that $\beta = 0$, i. e. if we assume an ideal reflection of pollutants from the earth surface, we obtain the relation

$$q(x, y, z) = \frac{Q\sqrt{U_0(1+k)}}{\sqrt{4\pi K_{0y} x^{1+k}}} exp\left[-\frac{y^2 U_0(1+k)}{4K_{0y}x^{1+l}}\right] \frac{\pi}{h^{(2-n+m)/2}} \cdot \tag{8}$$

$$I_{-\nu}\left[\frac{2(zH)^{(2-n+m)/2}\, U_0(1+l)}{(2-n+m)^2\, K_{oz} x^{1+k}}\right] \frac{(z\,H)^{(1-n)/2}\,(1+l)}{(2-n+m)\,K_{oz}x^{1+l}}$$

$$exp\left[-\frac{(z^{2-n+m}\, H^{2-n+m})\, U^0\,(1+l)}{(2-n+m)^2\; K_{oz} x^{\,1+l}}\right]$$

which is at $l = 0$ and an unlimited mixing layer identical with the relation obtained by Yeh and Huang [6]. If we further put $n = m = l = k = 0$, that means, if we assume a homogeneous turbulence, we can demonstrate that the relation (8) fits to the well-known Gauss's relation (3) modified by the existence of a limited mixing layer.

In cases of extreme atmospheric stability the dependence of concentration from a point continuous source on distance from the source $(q \sim x^p)$ is noted in *Tab. 1.* For the diffusion coefficient component, depending on the distance from the source relations [1]

TABLE I

The dependence of concentration from a point continuous point source on the distance from the source for the extreme cases of atmospheric stability and $\beta = 0$

	m	n	k	l	p
extreme stability	1.0	0.0	0.0	0.5	1.5
neutral	0.16	1.0	0.72	0.14	2.0
extreme lability	0.0	1.33	1.0	0.0	2.5

$$K_y(x) \sim x^{(1-m)/(1+m)}; \quad K_z(x) \sim x^{(m/1+m)} \tag{9}$$

were used, the theoretical value p from Tab. 1 has a good agreement with experimental data [4].

Comparing Gauss's equation (1) with equation (7) we can state that the equation (7) is a generalization of Gauss's relation for the real atmosphere. By its aid we can describe with higher precision the concentration field of pollutants in space, i. e. a mathematical model based on this relation will be more precise. We can use it more confidently even for purpose for which Gauss's equation was not appropriate, e. g. for pollution prognosis.

REFERENCES

[1] *Csanády, G. T.:* "Turbulent Diffusion in the Environment", D. Reidel Publishing Company, Boston (1973).

[2] *Gifford F. A.:* Uses of Routine Meteorological Observations for Estimating Atmospheric Dispersion, Nuclear Safety, 2, (1961).

[3] *Hesek F.:* A Stationary Air Pollution Model, In print.

[4] *Islitzer N. F., Slade D. H.:* Diffusion and Transport Experiments. Meteorology and Atomic Energy, (1968)

[5] *Pasquill F.:* The Estimation of the Dispersion of Windborne Material, Meteorological Mag. 90, (1961).

[6] *Yeh G. T., Huang C. H.:* Three-Dimensional Air Pollutant Modeling in the Lower Atmosphere, Boundary – Layer Meteorology, 9. (1975)

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 82. évf. 3. szám. 1978. május – június
Journal of the Meteorological Service, Vol. 82. No 3 May – June 1978, Budapest

Módszer a Fertő tó párolgásának számítására „A"-kád adatokból

KOZMA FERENC és TÓTH ERZSÉBET, *Központi Légkörfizikai Intézet, Budapest*

A Method for Computing the Evaporation of Lake Fertő from the Data of an Evaporation Pan "A". One of the main objects of our investigations carried out on Lake Fertő consists in the development of a formula in which only such meteorological elements are used, that are readily obtained from a practical point of view, and that, at the same time, are yielding rather satisfactorily the real evaporation losses of the Lake. A method is presented, which is yielding, in the knowledge of the evaporation measured on pan "A" and of the water temperature, five-day sums of the evaporation of Lake Fertő. For developing this method, the results obtained with a floating evaporimeter were used under the fundamental assumption that the data obtained in this way can be accepted as measures of the evaporation of the Lake. Results of an regressional analysis are illustrated on six diagrams.

*

Метод вычисления испарения с поверхности озера Фертэ по данным испарительного сосуда «А». Одной из основных целей исследований, проводящихся в районе озера Фертэ, является разработка формулы для вычисления испарения, в которую входят элементы, легко доступные на практике водного хозяйства и которая, одновременно, хорошо аппроксимирует фактическую потерю воды озера за счет испарения. В настоящей работе описывается метод, позволяющий получить пентадные суммы испарения с поверхности озера Фертэ, с использованием данных об испарении, получаемых испарительным сосудом типа «А» и данных о температуре воды. Для разработке метода были использованы данные, полученные при помощи плавучего испарителя, помещенного в озере, причем предполагалось, что измеряемые им величины могут считаться испарением озера. Результаты регрессионного анализа иллюстрируются на шести рисунках.

*

A párolgás meghatározása közvetlen és közvetett úton lehetséges. A közvetett eljárást jelentő különféle empírikus, félempírikus és egyéb módszerek esetén mindig fennáll annak a veszélye, hogy a számítási és mérési hibák halmozódnak, vagyis már a kiindulási alapul szolgáló értékek hibákkal terheltek.

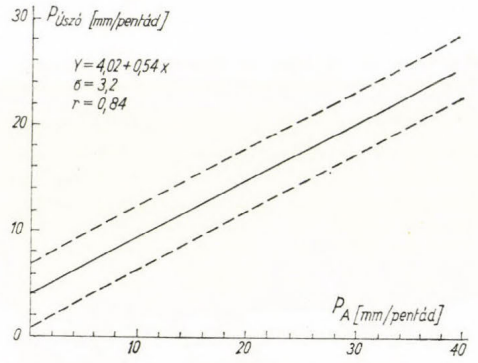
A Fertő tó párolgásának kiszámítására kutatásaink során több formulát is alkalmaztunk. Ezek egy része kifejezetten a Fertő tóra készült, mások az irodalomból ismert különféle eljárások voltak. A nyert eredmények megbízhatóságát a közvetlenül – úszópárolgásmérővel – mért adatok, valamint a vízmérleg számítások csak részben támasztották alá.

Az úszópárolgásmérőkön túl közvetlen párolgásmérésnek könyvelhető el a tó légterében vagy a vízparton működő ún. *A-kád* alkalmazása is, ám adatát elsősorban hőháztartási problémák miatt csak bizonyos átszámítási tényezők meghatározása után fogadhatjuk el a tó párolgásaként. Sokkal jobb eredmé-

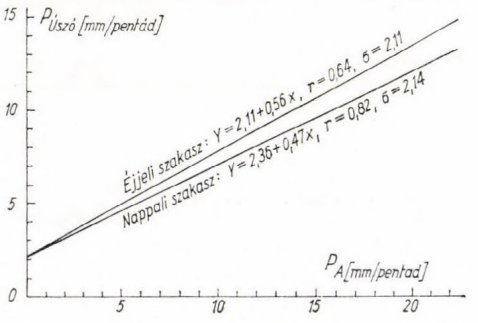
nyeket kaphatnánk az úszópárolgásmérővel, ha ennek folyamatos üzemeltetése nem ütközne számtalan technikai akadályba.

Módszertani vizsgálat és eredmények

Az elmúlt évek során foglalkoztunk már a párolgásnak az úszópárolgásmérő adataira alapozott meghatározásával: A közvetlenül mért evaporáció és a meteorológiai elemek közötti összefüggés-vizsgálat eredményeként állítottunk elő empírikus formulákat *(Kozma Ferenc és Tóth Erzsébet*, 1975). E formulák továbbfejlesztésének azonban határt szabott az akkor még viszonylag kevés közvetlenül mért evaporációs érték.



1. ábra: Összefüggés az úszó-kád és az A-kád 24 órás intervallumú pentádösszegei között



2. ábra: Összefüggés az úszó-kád és az A-kád nappali és éjszakai szakaszokra bontott pentádösszegei között

A Fertő tavi kutatásnak jelen szakaszában ismét napirendre tűzhettük azt a feladatot, hogy a kádak mérési eredményeinek felhasználásával további párolgási formulákat dolgozzunk ki. A tó vízmérlegében ugyanis a párolgásnak, mint kiadási tagnak, nagyságrendileg döntő a fontossága, s különösen áll ez a Fertő tóra, ahol van néhány bizonytalanul meghatározható tag a vízháztartási egyenletben.

A módszertani kutatásokban végigjárandó út tehát a következő:

1. Elfogadjuk az úszópárolgásmérő adatát a tó valódi párolgásának.

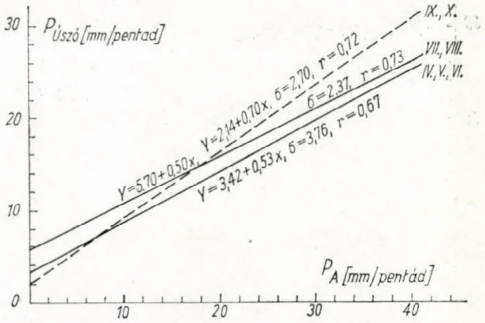
2. Mivel technikai nehézségek következtében az úszópárolgásmérőnek hiányos az adatsora, hozzárendeljük a vele párhuzamosan működő A-kád adatát, s az összefüggés feltárása után már az A-kád értékeiből számolunk a tóra.

3. Az A-káddal mért adatokból már van olyan hosszú sorozat, hogy felhasználásuk lehetővé tegye olyan empírikus párolgásszámítási formula

kidolgozását, amely a könnyen hozzáférhető meteorológiai elemeket tartalmazza, és visszamenőleg hosszú párolgási adatsorok előállítását is lehetővé teszi.

Jelen tanulmányban a 2. pont alatt megjelölt munkafázis eredményeiről számolunk be.

Vizsgálataink során a párolgás pentádösszegeivel dolgoztunk. Az 1972—75-ös időszakból összesen 75 olyan pentádot tudtunk kiválasztani, amikor az úszópárolgásmérő megbízhatóan üzemelt. Ennek adatai, valamint a párhuzamosan működő tavi A-kád értékei közötti összefüggés-vizsgálatban a 24 órás, az éjszakai és a nappali szakaszok pentádösszegeit használtuk. A félnapos



3. ábra: Összefüggés az úszó-kád és az A-kád hónapok szerint csoportosított pentádösszegei között

szakaszokat azért elemeztük külön-külön, mivel az alapvető eltérés a két kád között vizük hőtartalmában van. (Megjegyezzük, hogy az úszópárolgásmérőben és a tóban mért hőmérséklet azonos volt.)

A regresszióanalízis eredményeit az *1. és a 2. ábrán* mutatjuk be. A korrelációs koefficiensek *(r)* értékei igen szoros összefüggésre utalnak, a szórás pedig a 24 órás periódusokból származó pentádoknál +3,2, a félnapos szakaszoknál +2,14, illetve +2,11 mm/pentád.

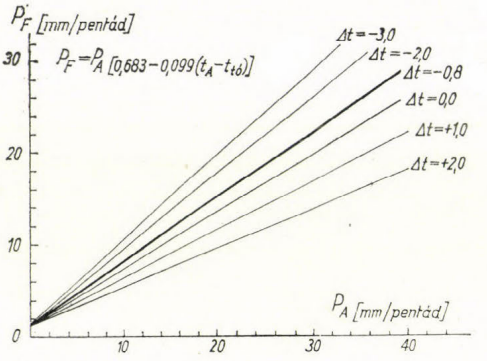
Az éjszakai és a nappali szakasz elemzésekor egy tényt tudomásul kell vennünk. A tó menti közlekedési nehézségek következtében az *esti* mérést késő délutáni helyettesíti (16, 17 vagy 18 órakor), tehát az ún. *éjjeli* szakaszban még egy kicsit a nappal is benne van. Szemmel látható ugyan, hogy a két kád párolgása közötti különbség csökken az éjszakai periódusban, a *valódi* éjszakai szakaszban azonban, hőháztartási okok miatt, az úszópárolgásmérő, vagyis a tó, az A-kádnál többet párologtat.

Meggyőzően bizonyítja ezt *3. ábránk*, amely a hónapok szerint szétválasztott adatok analízisének eredményeit mutatja be. Hogy közel azonos és elegendő esetszámmal dolgozzunk, ezért is egy csoportba soroltuk az április—május—júniusi, ún. *fölmelegedési periódusból* származó 21, a július-augusztusi *fölmelegedési időszakból* származó 29, és a szeptember-októberi *lehülési szakaszból* meglevő 25 pentádot. Az ábránkról kitűnik, hogy pl. ha egy április—júniusi pentádban az A-kád párolgása 30 mm, ehhez 19 mm úszó- vagy tópárolgás tartozik, július—augusztusban viszont 21 mm, míg szeptember—októberben 23 mm. Vagyis, a tavaszra lehűlt tó nagy víztömegénél fogva nem tudja követni az A-kád vízének fölmelegedését a nappali, intenzív párolgási szakaszban, a nyár közepén ez a különbség már nem annyira kifejezett, ősszel azonban a tó vízének jelentős hőtartaléka következtében az úszó-kád javára mutatkozik a párolgási különbség.

A következőkben, föltételezve, hogy a két kád párolgását befolyásoló külső környezeti tényezők (sugárzás, szél, telítési hiány stb.) azonosak, kerestük párolgási arányuk és a hőmérséklet-különbségük kapcsolatát a

$$\frac{P_U}{P_A} = a + b(t_A - t_U) \qquad (1)$$

egyenlet megoldásával. Ez egyúttal azt jelentené, hogy egy A-kád üzemeltetésével, benne és a tóban történő hőmérséklet méréssel közelítenénk meg a tó párolgását.



4. ábra: A tó és az A-kád párolgási adatainak összefüggése a vízhőmérsékletek különbségének függvényében, egész napokra

A P_U/P_A számértéke az április—júniusi pentádokra 0,74-nek, július—augusztusban 0,85-nek és szeptember—októberben 0,97-nek adódott. Természetesen, mennél nagyobb az arányszám, annál inkább közeledik a tó párolgása az A-kádéhoz.

A rendelkezésre álló 75 pentádösszeg alapján elvégezve a regressziószámítást, az (1) egyenlet megoldásaként, föltételezve, hogy az úszópárolgásmérő adata jól megközelíti a tó valódi párolgási értékét, azaz $P_U \approx P_F$,

$$P_F = P_A[0{,}683 - 0{,}099(t_A - t_{tó})] \qquad (2)$$

formulát nyertük. E formula alapján kiszámított és a *4. ábrán* bemutatott egyenesekből a következők olvashatók le. Ha a $t_A - t_{tó}$ különbség (napi középhőmérsékletből képzett pentádátlagok) pozitív előjelű és pl. 2°C-ot tesz ki, ami egyébként a nagyon meleg nappalú nyári napokra jellemző, akkor az A-kád 20 mm-es párolgásához csak kb. 10 mm tópárolgás tartozik. Mennél inkább csökken a hőmérsékletbeli különbség, annál jobban közeledik egymáshoz a P_F és az P_A érték, de amikor a tó vize pl. már 3°C-kal melegebb az A-kád vizénél (ez az őszi periódusra, illetve az éjszakára vonatkozik általában), akkor

A Fertő tó párolgása A-kád adatok alapján

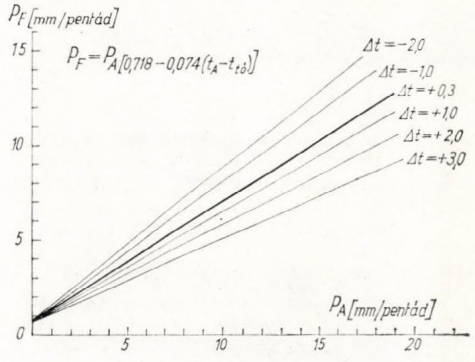
$P_F = P_A$ [0,683 − 0,099 ($t_A - t_{tó}$)]

[mm/pentád]

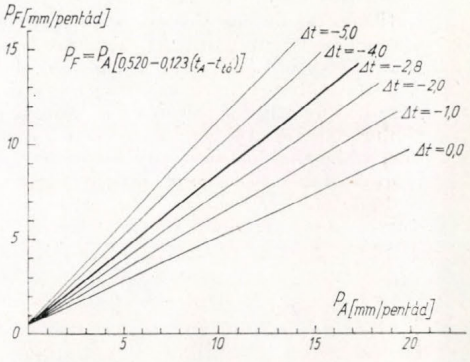
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
1	11,0	7,8	14,4	31,9	19,3	10,1	7,6
2	21,5	17,0	16,7	23,2	17,2	13,7	4,1
3	9,3	16,4	16,0	18,4	13,5	10,8	11,5
4	9,8	13,6	18,9	30,1	18,6	10,8	6,3
5	9,0	14,5	21,2	19,5	10,6	6,6	4,1
6	13,2	17,4	27,2	22,1	18,7	4,4	3,0
Ö:	73,8	86,7	114,4	145,2	97,9	56,4	36,6

a tó párolgása elérheti, sőt meg is haladhatja az A-kád párolgását. A (2)-es formulával végzett számítások eredményeit az 1976. április – október periódusra, pentádösszegek formájában *táblázatunk* tartalmazza.

Az *5. ábra* a nappali szakaszra elvégzett regresszióanalízis eredményeit mutatja be, de itt meg kell jegyeznünk, hogy a déli 12 órai hőmérséklettel dolgozunk, amely nem tükrözi valójában a teljes nappali szakaszra jellemző hőmérsékleti értéket, csakúgy, mint az éjszakai viszonyokra jellemzőnek vett reggel 8 órai adat, illetve a $t_A - t_{tó}$ hőmérsékletkülönbség, amellyel a kapcsolat a *6. ábrán* látható.



5. ábra: A tó és az A-kád párolgási adatainak összefüggése a vízhőmérsékletek különbségének függvényében, nappali szakaszokra



6. ábra: A tó és az A-kád párolgási adatainak összefüggése a vízhőmérsékletek különbségének függvényében éjszakai szakaszokra

A fent részletezett vizsgálatokat a tavon naponta háromszor mért adatokra támaszkodva végeztük el. Nyilvánvaló azonban, hogy az eredmények, közelebbről pedig a (2) formula egzaktabbá tételéhez további úszó- és A-kád adatsorra, nemkülönben a vízhőmérsékletek részletes, regisztrált értékeire van szükség. A technikai nehézségeknek az úszópárolgásmérő további üzemeltetéséhez szükséges megoldása, valamint a megfelelő vízhőmérsékletet regisztráló műszerek beállítása érdekében a szükséges intézkedés megtörtént, s várhatóan az 1978. évi adatok birtokában a témára visszatérhetünk.

IRODALOM

Kozma, F. und Tóth, E.: Methoden zur Berechnung der Verdunstung des Neusiedler Sees. Arch. Met. Geoph. Biokl., Ser. B, 23, 99 – 109, 1975.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 82. évf. 3. szám. 1978. május – június
Journal of the Meteorological Service, Vol. 82. No 3 May – June 1978, Budapest

Az időjárás hatása a műtrágyázott kukorica terméseredményére

POSZA ISTVÁN, *Központi Légkörfizikai Intézet, Agrometeorológiai Obszervatórium, Szarvas*

Influence of Weather Conditions on the Yield of a Fertilized Maize Crop. This paper consists in a report on the fertilizer experiments carried out during the period 1971 to 1977 at the Observatory for Agricultural Meteorology in Szarvas. By using growing pots (Evapotranspirometers) with controlled water supply the effects of various quantities of fertilizer on the water requirement of maize are described. It is found, that under the influence of a double amount of fertilizer the water requirement is increased; this increase in water requirements is lower than 10 per cents, and the increase in crop yield is attaining again 10 per cents on the average; however, there are differences from year to year, which are mainly depending on the temperature conditions. There is a report on the connection between the humidity conditions of the small parcels in the vicinity of the evapotranspirometers which are determined by natural precipitations, on the one hand, and the efficiency of fertilizer on the other hand; the crop-increasing effect of an increasing amount of nutrients is determined mainly by temperature and precipitation conditions. A doubling of fertilizer amount is causing, on the general, also in this case an increase in crop yield of about 10 per cents during the experimental period; however, the differences among weather conditions from year to year have a still greater effect, causing fluctuations in crop yield which are almost attaining 100 per cents. The efficiency of the fertilizer (that is, the crop obtained by 1 kg of fertilizer) is optimal, when weather conditions are favourable ones for the production of a good crop yield; in other words, the weather effect is the predominant one, while the increase in nutrients can be only modified. Weather conditions for a good crop yield and conditions for the efficiency of the fertilizer are mainly determined by thermal and humidity conditions. Particularly air temperature in Mai and precipitation conditions in June and July are the decisive factors.

*

Влияние погоды на урожайность искусственно удобренной кукурузы. Приводятся результаты экспериментов по искусственному удобрению, проведенных в период с 1971 по 1977 гг. в районе г. Сарваш. По измерениям суммарного испарителя при направленном водоснабжении, анализируются эффекты различных доз искусственного удобрения на водопотребление кукурузы. На воздействие удвоения дозы питательного вещества, увеличивается водопотребление, нарастание остается ниже 10%, увеличение урожая достигает, в среднем, 10%, однако, главным образом в зависимости от температуры, урожайность изменяется из года в год. Анализируются связи условий влажности, определяемых естественными осадками, выпадающими на участки вокруг суммарных испарителей, с эффективностью искусственного удобрения. Увеличение урожая за счет увеличения дозы питательного вещества обусловливается решающим образом, кроме температуры, количеством осадков. За период экспериментов удвоение количества питательного вещества привело к повышению урожая прибл. на 10%, однако, более значительным является влияние различных условий погоды в разные годы, вызывающие почти 100%-ное колебание урожая. Эффективность искусственного удобрения — урожай на 1 кг питательного вещества — оказывается оптимальной, когда метеорологические условия являются благоприятными для достижения хорошего урожая, т. е. решающую роль играет влияние погоды, причем

увеличение дозы питательного вещества вызывает только изменения. С точки зрения эффективности искусственного удобрения и достижения хорошего урожая основными метеорологическими факторами являются температура и влажность, в частности, температура воздуха в мае и осадки, выпадающие в июне и июле.

*

A több mint tíz éve folyó vízigénymeghatározások programja 1970-ben újabb témakörrel bővült. Ekkor kezdtük el vizsgálni a már ismert mérő berendezésekkel a különbözőképpen műtrágyázott növényállományok vízfogyasztását, ami az adott fajta mellett most már az időjárás és az eltérő tápanyagellátás együttes hatásának az eredménye.

Értékelhető adatok 1971-től vannak Szarvasról [*Posza* és *Tóth* 1972, *Posza* 1973], majd 1973-tól hasonló kísérletek folytak Kecskeméten és a külön e célból létrehozott keszthelyi agrometeorológiai kutatóállomáson is [*Antal*, *Posza* és *Tóth* 1975].

Mindhárom helyen az alapmérés a kompenzációs evapotranspirométerben és az azokat körülvevő kisparcellákon folyt. A 4 — 5 m²-es tenyészedényekben optimális vízellátást rendszeresítettünk, a 200 — 300 m²-es parcellákon csak a természetes csapadék szolgáltatta talajnedvességet kapták a növények. A jelzőnövény 1970 és 71-ben MV 1-es, 1972-ben MV 620-as, 1973-tól egységesen MvSc 580 volt, ami tapasztalataink szerint nem okozott lényeges különbséget a vízigény és a termés alakulásában.

A tápanyagellátást a kiadagolt műtrágya mennyiségével jellemeztük, az azonos adagokat minden évben azonos parcellára, illetve tenyészedényre adtuk. A közepes adagnak nevezett mennyiség 1971 és 72-ben 264 kg/ha, 1973-tól 240 kg/ha NPK hatóanyag volt, a nagy adag ennek a kétszerese. A kezdetben alkalmazott műtrágyázatlan kontroll kezelés helyett 1974-től a 120 kg/ha hatóanyagot alkalmaztunk kis adag néven. Az azonos helyre azonos műtrágyaadag esetén ugyanis két-három év múlva a kontroll majdnem teljesen tápanyag nélkül marad és a vele való összehasonlítás téves következtetésre vezethet. A kísérletekből végülis ezért hagytuk ezt ki, és inkább a megduplázott tápanyag hatását vizsgáltuk a vízigényre és a terméseredményre az időjárás függvényében.

A két lényegesen eltérő kezelés, vagyis az optimális és a természetes vízellátás mellett elsősorban Keszthelyen, egy-egy tenyészidőszakban más módokon is szimuláltuk az eltérő időjárású éveket pl. különböző színű fólia takarással, több fokozatú vízutánpótlással stb., azonban a leghosszabb mérési sorozat, hét év, a fenntebb említett kétféle vízkezeléssel Szarvason volt. A hasonló időszakokra megállapított alapösszefüggések mind a három kísérleti helyre azonosak voltak, ezért most csak a szarvasi 1971 — 77-es eredményeket ismertetjük.

A műtrágya hatása optimális vízellátás esetén. A kukorica vízigénye vagy optimális evapotranspirációja a vizsgált években minden tápanyagszint esetén szigorúan az időjárás alakulásának függvényében változott, nevezetesen a párolgásra döntően ható léghőmérséklet, légnedvesség stb., egyszóval a párologtatóképesség vagy potenciális evapotranspiráció függvényében. Értéke 450 mm és 650 mm között változott.

Az eltérő műtrágya adag vízigényre gyakorolt hatása az időjárásénál lényegesen kisebb. Azonos években a megduplázott tápanyag hatására növekszik a vízigény, ez a növekedés azonban csak 5 — 7, ami átlagosan 20 mm-nek felel meg a tenyészidőszakban. A kísérleti évek átlagában kis adagnál 490 mm, közepesnél 510 mm, nagy adagnál 530 mm volt a vízigény. A növekedés oka

elsősorban a bővebb tápanyag hatásra kialakult nagyobb levélfelület, amivel általában nagyobb szemtermés is társult.

A megállapított vízigény kis növekedése nem azt jelenti, hogy nincs nagy szerepe a nedvességellátottságnak. Ebben az esetben ismételjük, hogy optimális, de mondhatjuk azt is, hogy luxus vízellátásról van szó, amikor is az evapotranspiráció nagyságát döntő mértékben az időjárás határozza meg, a tápanyag hatása csak módosító jellegű.

A vízigény dinamikájának tanulmányozása során természetesen fenológiai és fenometriai megfigyeléseket is végeztünk, így a terméseredmények alakulásáról is beszámolhatunk. Megállapítottuk, hogy a megnövelt műtrágya adag minden esetben termésnövekedéssel járt, nevezetesen közepes adagról nagy adagra áttérve a növekedés mintegy 10%, a hét év átlagában 103 q/ha-ról 113 q/ha-ra emelkedett a májusi morzsolt szemtermés. A termés évenkénti alakulása döntő módon a léghőmérséklet függvénye, kedvező hőmérsékleti viszonyok mellett a tápanyag növelés fokozottabb termésemelkedést idéz elő, hangsúlyozva optimális vízellátás esetén. Pl. 1971 tenyészidőszakának hőmérséklete kevéssel átlag alatti, de a májusi +2 fokos anomália következtében ekkor volt a legjobb termés, közepes adagnál 128 q/ha, nagy adagnál 145 q/ha.

A műtrágya hatékonyságának jellemzésére a termés/hatóanyag hányadost alkalmaztuk, vagyis az egységnyi műtrágyára jutó májusi morzsolt szemtermést. Az ilyen hatékonysági tényező természetesen nem terjeszthető ki általánosságban, de az azonos helyen azonos technológiájú termesztés esetén jól jellemzi a viszonyokat, és kiemeli a különbségeket.

Ezen hányadosok vizsgálatakor első szembetűnő jelenség, ami a definícióból természetesen következik is, hogy a tápanyag-növekedés hatására értékük csökken. Ez azt jelenti, hogy a nagy adag hatásfoka kisebb, mint a közepes vagy kis adagú műtrágyáé. Pl. 1974-ben a kis adag 81, a közepes 42, a nagy adag 20 hatékonysági tényezőjű.

A kísérleti évekre előállított hatékonysági tényezőkből kiderült az is, hogy az időjárás változékonyságának hatása növekvő tápanyag esetén kisebb, mintegy növeli a termésbiztonságot. Így közepes adagnál 35 – 50 között változott a hatékonysági tényező, nagy adagnál csak 20 – 30 között ingadozott. Értéke az egyes években, hasonlóan a termés mennyiségéhez, optimális vízellátás esetén döntően a tenyészidőszak hőmérsékleti viszonyainak függvénye.

A műtrágya hatása természetes csapadékvízellátás esetén. A nedvességellátottság szerepét és jelentőségét a kisparcellás kísérletek eredményei domborították ki. Itt az alkalmazott műtrágya adag és a termesztés technológia a tenyészedényekével azonos, azonban a növények számára a hozzáférhető talajnedvességet csak a természetes csapadék jelenti.

A tényleges evapotranspiráció, amit talajnedvesség-mérésekkel határoztunk meg, nem mutatott eltérést a más-más mértékben műtrágyázott parcellák között. Ennek oka részben a valóban nem lényeges eltérés a vízigényben (lásd fentebb 20 mm), másrészt a talajnedvesség-mérés hibája. A minket érdeklő termés és a hasznosulási tényező alakulása lényegesen változatosabb az évek során, mint az előbb tárgyalt optimális nedvességellátás esetén.

A megduplázott tápanyag természetes körülmények között nem járt együtt mindig a termés növekedésével. Kedvezőtlen vízellátás, vagyis kevés csapadék esetén a termés csökkenhet is, mint pl. 1971 tenyészidőszakában, amikor is a közepes adag 114, nagy adag 101 q/ha terméssel párosult.

A kísérleti években a termés mennyisége az azonos technológia ellenére is tág határok között ingadozott, és minden tápanyag szintnél közelítőleg elérte

a 100%-ot is. Szélső értékei közepes adagnál 73—134 q/ha, nagy adagnál 78—147 q/ha májusi morzsolt szemtermés.

Ebből következik az is, hogy a hatékonysági tényező is szeszélyesebben változik, mint optimális vízellátás esetén. Közepes adagnál 30—60, nagy adagnál 15—30 az értéke a szélsőséges időjárású években. Az alkalmazott tápanyag szinttől függetlenül ez is 100% körüli ingadozást mutat.

Természetes körülmények, szántóföldi viszonyok között a termés alakulása, s ezzel együtt a hatékonysági tényező nagysága elsősorban a tenyészidőszak csapadékviszonyaitól és a léghőmérséklet alakulásától függ. Nevezetesen kiemelkedő kukorica termés és ezzel járó magas hatékonysági tényező akkor várható, ha a tenyészidőszak csapadék-eloszlása olyan, hogy a június és július hónapokban eléri vagy meghaladja a 80—80 mm-t, a léghőmérséklet a lehetőség szerint minél magasabb, különösen fontos feltétel a májusi legalább 18—22 fokos havi közép a kezdeti fejlődés szempontjából. Ezen meteorológiai föltételeknek az 1975-ös év tenyészidőszaka mindenben megfelelt, és ugyanakkor a termés mennyiség is minden tápanyagszint esetében a kísérleti periódus hét éve közül a legnagyobb volt az optimális vízellátású kezeléseket is beleértve. A természetes csapadék megszabta vízellátottság és a hőmérsékleti viszonyok 1975-ben kis adag műtrágya esetén 104, közepes adagnál 134, nagy adagnál 147 q/ha májusi morzsolt szemtermést eredményezett, s így a hatékonysági együttható sorrendben 87, 58 és 31, ugyancsak a legmagasabb az összes kezelések közül a hét év folyamán.

A kukorica termésre kedvező időjárású évek gyakorisága. Ezek után megvizsgáltuk, hogy az 1975. évihez hasonló időjárási föltételeknek mi a gyakorisága az 1901—1975-ös időszakban, tehát milyen valószínűséggel számíthatunk meteorológiai szempontból várható kiemelkedő termésre és az alkalmazott műtrágya adagok legjobb hasznosulására.

1901—1975. időszakban Szarvas környékén mindössze 14 év adott lehetőséget az öntözés nélküli kiemelkedő kukorica termésre azzal, hogy a június és július csapadéka összesen elérte vagy meghaladta a 160 mm-t. Ilyen tenyészidőszakok voltak pl. az utóbbi években 1965, 69, 70, 72, 73, 74 és 75-ben. A 14 évből a többi hónap elégtelen csapadéka két évet törölt, majd újabb 6 évvel csökkent a kedvező évek száma amiatt, hogy a májusi léghőmérséklet rendkívül alacsony volt. Végül is maradt a 75 évből 6 év, amikor a meteorológiai föltételek messzemenően kedvezőek voltak az öntözés nélküli kiemelkedő termés eléréséhez és a műtrágya legjobb hasznosulásához.

Az időjárás szempontjából kiemelkedően „jó" évek aránylag kis száma, a mindössze 6 év, vagyis az évek mintegy 8%-a arra mutat, hogy a jelenlegi technológiával pl. az 1975-ös terméshez hasonlóra — öntözés nélkül — csak nagyon kis valószínűséggel számíthatunk. A nagyadagú drága műtrágya kedvező hasznosulására az Alföld nagy részén nagy gyakorisággal csak akkor számíthatunk, ha öntözéses termesztésre rendezkedünk be. Hőmérsékleti viszonyaink ugyanis olyanok, hogy csak az évek mintegy 25%-ban jelentenek gátló körülményt a jó kukorica terméshez.

IRODALOM

Posza I. és *Tóth E.* (1972): A kukorica vízigényének alakulása az időjárási viszonyok és az NPK szintek függvényében. Beszámolók, 1972.

Posza I. (1973): Tápanyagellátás és evapotranspiráció szántóföldi viszonyok között. Beszámolók, 1973.

Antal E., Posza I. és *Tóth E.* (1975): Az időjárás és éghajlat hatása a műtrágya hasznosulására. Időjárás 79. évf. 2. szám.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 82. évf. 3. szám. 1978. május – június
Journal of the Meteorological Service, Vol. 82. No 3 May – June 1978, Budapest

A csemegeszőlő hő- és vízigénye

FÜRI JÓZSEF, *Szőlészeti Kutató Intézet, Kecskemét-Katonatelep,* KOZMA FERENC, *Központi Légkörfizikai Intézet, Budapest*

Water Requirement and Heat Requirement of Dessert Grapes. On the basis of results obtained in experiments carried out during the period 1961 to 1976 at Kecskemét – Katonatelep, the problems in agricultural meteorology of the production of table grapes are discussed. Relations between the temperature of the growing period and the phenological phases are investigated in order to analyse the heat supply as well as the relation of these factors to harvesting time. Allthough the water requirement of the vine plant is rather a moderate one, the haphazard temporal distribution of precipitations is leading generally to a lack of water. Accordingly, the problem of the irrigation of the vine is discussed in detail. These investigations are based on evapotranspiration measurements, from which the water requirement of the vine can be deduced. Maximum evapotranspiration and effective evapotranspiration are analyzed separately, their dynamics and their modifications according to varieties, and, for every phenological phase, the water requirement of dessert grapes as well as the lack of transpiration water are discussed.

*

Потребление тепла и воды столовых сортов винограда. По результатам экспериментов, проведенных в период с 1961 по 1976 гг. в районе Кечкемет—Катонателеп, в работе рассматриваются агрометеорологические проблемы разведения столовых сортов винограда. Путем изучения связей между температурой в течение вегетационного периода с одной стороны и прохождением фенофаз — с другой, анализируется зависимость теплоснабжения от продолжительности периода до сбора винограда. Несмотря на среднее водопотребление винограда, в связи с капризным распределением осадков во времени, виноград, как правило, потерпевает дефицит воды. Поэтому подробно обсуждаются вопросы орошения винограда. В основе исследований лежат измерения суммарного испарения, по данным которых можно определить водопотребление винограда. Отдельно анализируется эффективная транспирация, ее динамика и изменение по сортам, а также водопотребление и транспирационный дефицит воды столовых сортов винограда по фенофазам.

*

Köztudott, hogy a szőlő mediterrán övezetből származó nagy hőigényű növény. Hazánk a szőlőtermesztés, illetve a termeszthetőség északi határzónájába esik. Történelmi szőlő- és borvidékeink, közöttük az alföldi szőlőtermesztő körzetek is, több más ökológiai tényező mellett főként a kedvező makro- és mikroklíma viszonyoknak köszönhetik a csemegeszőlő és a bor általában kiváló minőségét. Az egyes évjáratokra jellemző eltérő borminőség, valamint a szőlőtermés változó mennyiségi és minőségi mutatói azonban arra is figyelmeztetnek, hogy a mi éghajlatunk a szőlő hőigényét nem tudja minden évben maradéktalanul kielégíteni.

A nagy hőigény mellett a szőlő csak közepes vízigényű, és a szőlőtermesztés ősidők óta, mint száraz művelésű kultúra vált ismeretessé. Valóban hosszú ideig elviseli a szárazságot, de a vegetációs időszakban vannak olyan periódusai, amikor erősen megsínyli a víz hiányát. Azokon a területeken, ahol az évi csapadékösszeg nem haladja meg az 500 mm-t, a csemegeszőlő már csak öntözéssel termeszthető gazdaságosan. Az évi csapadékösszeg a nyári szeszélyes csapadékeloszlás miatt természetesen nem sokat mondhat egy növény vízellátottságáról, s ezért, különösen az alföldi homokvidékeken, még az átlagosnál több csapadék esetén is a szőlő öntözésre szorulhat.

A hőigény

A szőlő hőigényének vizsgálatába Kecskemét – Katonatelepről származó 20 csemege és kettős hasznosítású fajta 17 – 26 éves fenológiai adatsorát vontuk be. Ebből a 20 fajtából bemutatásra hatot emelünk ki, mégpedig két korai (Csabagyöngye, Olimpia), két középérésű (Szőlőkertek királynője muskotály, Gloria Hungariae) és két kései (Téli muskotály, Afuz Ali) fajtát.

A vizsgálatokat a szokásos hőösszeg számítással kezdtük, s igyekeztünk kapcsolatot keresni az április 1-től a szüretig eltelt napok száma és ugyanezen időszak aktív (10 fok feletti) hőösszege között *(I. táblázat)*.

I. TÁBLÁZAT

A megfigyelési évek száma (n), az április 1-től a szüretig eltelt napok (N) és az aktív hőösszegek (AH) átlagos értékei, valamint hat szőlőfajta átlagos, optimális, optimális alatti és minimális hőellátottsága

Fajta	Megf. évek száma (n)	Napok száma (N)	Aktív hőösszeg (°C)	Korrelációs együttható (r)	Átlagos	Optimális		Optimális alatti		Minimális	Korrelációs együttható (r)
					hőellátottság						
					°C	°C	%	°C	%	°C	
Csabagyöngye	23	127	2087	0,25	16,4	17,0 – 18,1	26	<17,0	74	14,8	−0,773
Olimpia	17	133	2216	0,32	16,6	17,0 – 18,2	29	<17,0	71	14,8	−0,547
Szőlőkertek királynéja	24	146	2475	0,41	17,0	17,5 – 18,7	33	<17,5	67	15,5	−0,588
Gloria Hungariae	23	151	2613	0,40	17,2	17,7 – 18,8	30	<17,7	70	15,6	−0,582
Téli muskotály	18	168	2883	0,56	17,2	17,7 – 18,9	22	<17,7	78	15,6	−0,585
Afuz Ali	26	176	3032	0,42	17,2	17,7 – 18,9	19	<17,7	81	15,4	−0,598

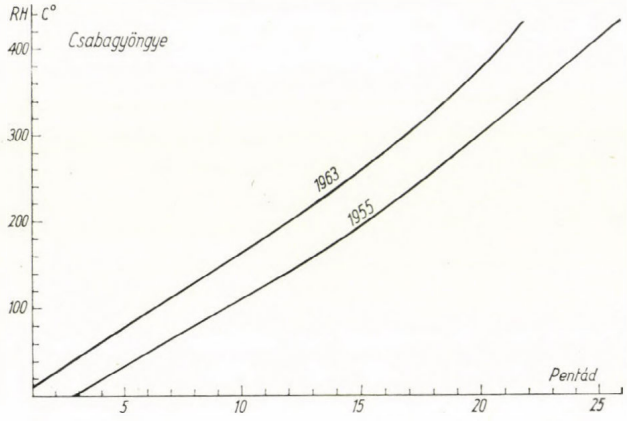
Ennek a módszernek a létjogosultsága sokat vitatott, hiszen a napok száma és a hozzájuk rendelt hőösszeg nem független egymástól, vagyis nyilvánvalóan a hosszabb időintervallumhoz magasabb hőösszeg tartozik és megfordítva.

Ebből a vizsgálatból azonban még ez a látszólagos kapcsolat sem derül ki, ami bizonyíték arra, hogy a szőlő érése aránylag szűk hőösszeg-intervallumban bekövetkezik, a szüret ideje, azaz a vegetációs idő hossza viszont erősen változik.

Az *I. táblázatunk* bemutatja még a hat szőlőfajtánál április 1-től a szüretig eltelt napok átlagos számát és az éréshez szükséges átlagos hőösszegeket.

Ezek az értékek, mint látjuk, tág határok között mozognak, pl. a korai Csabagyöngyénél 127 nap, ill. 3032 fok a megfigyelések eredménye.

A hőösszeg és a tenyészidőszak hossza közötti kapcsolat keresés következő fázisa a szüretig eltelt napok és a relatív hő, azaz a relatív hőmérséklet közötti összefüggés vizsgálata volt. A nyert eredmények már lényegesen többet mondanak számunkra, konkrétabban utalva a szőlő hőigényére is. A tenyészidőszak hossza és az aktív relatív hő közötti összefüggés mind a hat vizsgált fajtánál szoros, a kapcsolat negatív előjelű és 0,1 illetve 1%-os szinten szignifikáns. A negatív kapcsolat azt jelenti, hogy az alacsonyabb relatív hőmérséklethez hosszabb érési idő tartozik és megfordítva.



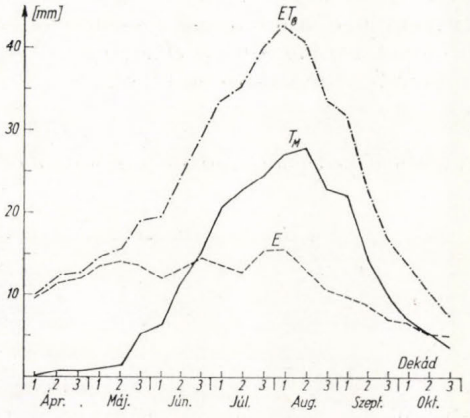
1. ábra: A minimális és optimális hőellátottság, valamint a szüretig eltelt idő pentádokban a korai, Csabagyöngye fajtánál

I. táblázatunk a hat szőlőfajta tenyészidőszakra vonatkozó relatív hőjének és a tenyészidőszak hosszának kapcsolatát mutatja be, föltüntetve az átlagos, az optimális, az optimális alatti, a minimális hőellátottságot, valamint az előfordulási valószínűségeket %-ban. Optimális hőellátottságúaknak azokat az éveket tekintettük, amikor a szőlőtermés mennyiségi és minőségi mutatói jók vagy kimagaslók voltak. A táblázatban föltüntetett fajtasorrend egyben az érési, ill. szüreti sorrendet is jelenti. Az átagos és optimális hőellátottság, valamint a hőigény az érési sorrendnek megfelelően nő, de a kései fajtáknál már azonos. Az optimális hőigény bekövetkezésének valószínűsége viszont a középérésű fajtáknál a legnagyobb, a korai és kései fajták felé csökken. Ez természetes is, ha meggondoljuk, hogy a korai fajtáknál a viszonylag magas, a késői fajtáknál az abszolut értékben is magas hőigény ritkábban teljesül. Az optimális hőellátottságú évek száma tehát aránylag alacsony, ilyen évekre mindössze 19—33%-ban számíthatunk. Ez a valószínűségi érték és a hőigény határok valamelyest módosulnak, ha nem a teljes tenyészidőszak, hanem az egyes fenológiai fázisok hőigényét és hőellátottságát vizsgáljuk.

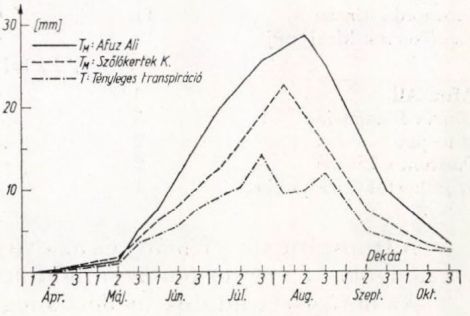
A minimális és optimális hőellátottságról az *1. ábra* nyújt némi tájékoztatást. Kitűnik, hogy a szüretig eltelt idő a Csabagyöngye szőlőnél 1955-ben (minimális hőellátottságú év) majdnem 3 héttel hosszabb volt, mint 1963-ban (optimális hőellátottságú év), de az akkumulált relatív hőmérséklet csak 6,4 fok különbséget mutatott. Ez újabb bizonyíték arra, hogy az érés jól meghatározható hőösszeg ill. hőellátottsági érték mellett következik be, de a hőmérséklet alakulásának megfelelően a szüret időpontja az optimális hőellátottságú évekhez képest több héttel is eltolódhat.

A vízigény

A természetes vizekben szegény Duna – Tisza közén az öntözés csak akkor lehet gazdaságos, ha ismerve a növény vízigényét, az öntözővizet a megfelelő időben és mennyiségben juttatjuk az állományba. A szőlő vízigényének és a vízfogyasztás dinamikájának megismerésére 1970-ben szabadföldi vízháztartási kísérleteket kezdtünk Kecskemét – Katonatelepen. A vizsgálatokba 5 csemegeszőlő fajtát (Afuz Ali, Gloria Hungariae, Olimpia, Pannonia kincse és Szőlőkertek királynője muskotály) vontunk be, s ezek vízigényének pontos feltárása érdekében külön mértük az evaporációt is.



2. ábra: Az optimális evapotranspiráció (ET_O), a maximális transpiráció (T_M) és az evaporáció (E) 4 évi (1971 – 74) dekádátlagainak menete



3. ábra: A maximális (T_M) és tényleges transpiráció (T) 6 évi (1971 – 76) dekádátlagainak menete a tenyészidőszakban

Az evaporáció mérését az teszi indokolttá, hogy a modern telepítésű, széles sorközű szőlőállományokban a talajpárolgási vízveszteség igen nagy, az evapotranspiráció jelentős hányada (Fűri – Kozma, 1972).

A *2. ábra* az optimális evapotranspiráció *(ET_O)*, a maximális transpiráció *(T_M)* és az evaporáció 4 éves (1971 – 74) dekádátlagainak menetét mutatja be a tenyészidőszakban. Az evaporációnak nincs határozott menete, s a tenyészidőszak első harmadában jelentősen meghaladja a transpirációt. A teljes tenyészidőszakra az evaporáció és transpiráció aránya mintegy 50 – 50%. A transpirációnak határozott a menete: a tenyészidőszak elején 5 mm/dekád alatt marad, a maximumot augusztus második dekádjában éri el (28 mm), majd a tenyészidőszak végéig fokozatosan csökken.

A különféle (altalaj, csepegtető, barázdás, esőztető) öntözési módok evaporációs vízvesztesége más és más, ezért a szőlő vízigényét és az öntözővízszükségletet az evapotranspirációból nehéz megállapítani. A vízigény és ezen keresztül a vízhiány meghatározására legmegfelelőbbnek a maximális transpiráció és a transpirációs vízhiány látszik (Füri – Kozma, 1976).

A *3. ábra* 6 év (1971 – 76) átlagában mutatja be két szőlőfajtára (Afuz Ali és Szőlőkertek királynője muskotály) a maximális transpiráció (vízigény) és a tényleges transpiráció dekádértékeinek menetét a tenyészidőszakban. A maximális és tényleges transpiráció különbségét, amelyet transpirációs vízhiánynak nevezünk, tekinthetjük a növény vízhiányának. A tenyészidőszak elején, egészen június első dekádjáig elegendő víz áll a szőlő rendelkezésére. Június első dekádjától fokozatosan nő a vízhiány, és különösen szembetűnő a tényleges transpiráció augusztusi visszaesése, éppen abban az időszakban, amikor a szőlőnek legnagyobb a vízigénye. A transpirációs vízhiány ezután a tenyészidő végéig folyamatosan csökken.

II. TÁBLÁZAT

A különböző szőlőfajták átlagos vízigénye [mm] és transpirációs vízhiánya [mm] a fenofázisokban

Fajta	Rügyfakadástól virágzásig	Virágzástól zsendülésig	Zsendüléstől szüretig	szürettől lombhullásig	Rügyfakadástól lombhullásig
		Vízigény (6 évi átlag)			
Afuz Ali	17	114	72	17	220
Gloria Hungariae	13	88	78	35	214
Olimpia	12	57	53	63	185
Pannonia kincse	11	66	64	33	174
Szőlőkertek királynéja	12	60	57	35	164
		Vízhiány (6 évi átlag)			
Afuz Ali	3	82	51	9	145
Gloria Hungariae	5	56	60	21	142
Olimpia	2	30	39	27	98
Pannonia kincse	2	41	48	20	111
Szőlőkertek királynéja	1	33	46	19	99

A transpirációs vízhiány és az evaporáció ismeretében az optimális öntözővíz adagokat az egyes öntözési módokra könnyen megállapíthatjuk.

Az öntözővíz adatok mellett még meg kell határoznunk az öntözési időpontokat is. Ennek egyik föltétele, hogy ismerjük a szőlő vízfogyasztásának ritmusát, vagyis azt, hogy a fejlődés és növekedés különböző szakaszaiban, az egyes fenofázisokban milyen mértékű a vízigény.

A szőlő vízszükséglete a *II. táblázat* szerint nemcsak az egyes fenofázisokban, hanem fajtánként is eltérő. A 6 évi átlagadatokból (1971 – 76) kitűnik, hogy a rügyfakadás-virágzás fázisban a vízigény még kicsi, s a fajták között nincs lényeges eltérés. A következő fenofázisban (virágzás-zsendülés) már ugrásszerűen megnő, s elérve a maximumot, egyben a fajták közötti nagy különbség is szembetűnő. A zsendülés-szüret szakaszban a vízfelhasználás már csökken. Az utolsó fázisban (szüret-lombhullás) a fázishosszak nagy eltérése miatt a különböző fajták vízigénye is rendkívül ingadozó. A teljes tenyészidőszakra a fajtától függően 164 és 220 mm között változik a transpiráció.

A vízigény és a tényleges transpiráció ismeretében az egyes fenofázisokra és a teljes tenyészidőszakra a transpirációs vízhiányt ugyancsak a *II. táblázatban* mutatjuk be. Az 1971 – 76. évi átlagokból az tűnik ki, hogy az első fenofázisban a vízhiány elhanyagolhatóan kicsiny, a következő kettőben viszont igen nagy. A legnagyobb a transpirációs vízhiány a zsendülés-szüret fázisban, vizsgálataink szerint ennek is a zsendülés, az érés kezdete után egy rövid szakaszban. Ez a rövid szakasz az Afuz Ali fajta kivételével július utolsó vagy augusztus első dekádjára esik. A kései Afuz Ali minden vizsgált évben augusztus második vagy harmadik dekádjában zsendül, és mivel a vízellátottság július végén és augusztus elején a legrosszabb, a maximális vízhiány ennél a fajtánál az előző fázisban (virágzás-zsendülés) jelentkezik.

A teljes tenyészidőszakot tekintve a fajták között lényeges az eltérés, a legnagyobb vízigényű Afuz Ali és a legkevesebb vizet transpiráló Olimpia fajta között mintegy 50%.

Az itt elmondottakban röviden összefoglalt, de a valóságban nagyon is részletes hő- és vízháztartás vizsgálataink eredménye arra mutat, hogy a különböző szőlőfajták igényéhez s a változó időjárási körülményekhez igazodó agrotechnikai eljárással, elsősorban a megfelelő időben és módon alkalmazott öntözéssel a szőlő termése, tehát termesztésének gazdaságossága jelentősen fokozható.

IRODALOM

Füri J. – Kozma F. 1972.: Energiehaushaltuntersuchungen in berieselten Weingärten auf Sandboden. Meteorologische Probleme der Bodennahen. Heftschrift Seminar, Košice 1971.

Füri J. – Kozma F. 1976.: Measurement of evapotranspiration of vine by compensation evapotranspirometers. ICID International roundtable conference on evapotranspiration, Budapest, 1976.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 82. évf. 3. szám. 1978. május – június
Journal of the Meteorological Service, Vol. 82. No 3 May – June 1978, Budapest

A műholdas meteorológiai adatszolgáltatás fejlődése

TÄNCZER TIBOR, *Központi Légkörfizikai Intézet, Budapest*

On the Development of the Meteorological Data Service by Satellite (Summary). Nowadays the interpretation of weather informations received from satellites belong closely to the work of meteorological services. The earliest satellite data have been cloud pictures showing the cloud coverage. In the Hungarian Meteorological Service the reception of APT pictures has begun ten years ago. The radiation measurements by satellite are utilizing for such practical purposes as the determination of the vertical temperature profile or the sea surface temperature. The WEFAX transmissions by geosyncron satellites play a very important role in the weather analysis. The satellite meteorology contributes efficiently to the realization of FGGE. The paper gives a brief account of the developement carried out in the satellite observation techniques during the last almost twenty years.

*

Közel két évtizede, hogy felbocsátották az első meteorológiai műholdat. A meteorológus nagy reményekkel tekinthetett az új megfigyelő eszköz felé. Az időjárás-előrejelzés legfőbb problémáinak a megoldását várhatta: a megfigyelések földi méretű kiterjesztését, területi és időbeli folyamatosságuknak biztosítását.

Az új megfigyelési technika beváltotta a hozzá fűzött reményeket. A műholdakkal szerzett adatok az időjárás előrejelzésének és kutatásának nélkülözhetetlen elemeivé váltak. A műholdas adatszolgáltatás terén végbement hatalmas fejlődés egy új tudományágnak, a műholdmeteorológiának a kibontakozására vezetett.

Az első, még kísérleti jellegű meteorológiai műholdsorozat a *Tiros* volt. E holdak a felhőtakaróról televíziós képeket szolgáltattak és különböző sugárzásméréseket végeztek. A megfigyelési adatokon azonban még több szempontból kiütközött a technikai megoldások kísérleti, olykor kezdetleges jellege. Megfigyelő rendszerének irányítottsága térben nem változott, így a műszerek a pályának csupán mintegy harmadrészén irányultak Föld felé. A képek nagyrésze tehát ferdeszögből készült, sok esetben pedig a horizont is megjelent. A jobbára 48-, 58 fokú pályahajlás miatt a megfigyelések a magas szélességekre már nem terjedtek ki. A 700 – 800 km magas műholdpálya ellenére a képmező jelentős részén a felbontóképesség túlságosan nagy értéket vett fel. A műhold forgómozgása miatt az egymásután 30 mp-ként készülő képek összeillesztése is nehézkes volt. Az információk a műholdon mágneses szalagra kerültek, majd a műholdirányító központ rádiós parancsára kisugárzódtak. Az ilyen adatátvitel-technika mellett a gyakorlati felhasználásra érdemesült felhőképek is csak a felbocsátó ország számára nyújtottak közvetlen hasznot. Más szolgálatokhoz a képek legfeljebb leegyszerűsített, kianalizált formában, mint nefanalízis-térkép nagy időkéséssel géptávírón, majd fakszimilén jutottak el.

Mindezen problémák ellenére a műholdas adatok sejtetni engedték azt a hatalmas perspektívát, ami rajtuk keresztül nyílik az időjárás előrejelzése és kutatása előtt. A hagyományos, elszórt, több szempontból szubjektív felhőészlelésekkel szemben a műholdak révén mindjárt a felhőzeti mező megfigyelése vált lehetővé. Kiderült, hogy az időjárási képződményekhez jól meghatározott felhőrendszerek tartoznak. Így pusztán a felhőkép alapján tájékozódhatunk az időjárási helyzetről. Ezek után érthető, hogy a felhőképek elsősorban az előrejelző szolgálatok érdeklődését keltették fel. Ahhoz azonban, hogy a felhőképek az egész meteorológiai szolgálat számára teljes értékű felhasználásra kerüljenek, más adatátviteli rendszerre volt szükség. Ennek érdekében már 1963-ban *(Tiros – 8)* kidolgoztak olyan rendszert, amelynek

keretében a televíziós felvételek a kép készítésével egyidejűleg kisugárzásra kerültek. Ezt a technikai megoldást automatikus képtovábbító rendszernek (APT) nevezték el. Az új megoldás lehetővé teszi mindahoz képeknek a levételét, amelyek a műholdnak a vételi tartományon belüli tartózkodása alatt (elvileg, amíg a műhold a horizont fölött van) készülnek.

1964-ben pályára került egy új műholdsorozat, a *Nimbus* első tagja, amelynek elsősorban kutatási és fejlesztési funkciót szántak. Sikerült megoldani a televíziós kamerák állandó földfelszínre merőleges irányítottságát. A kvázipoláris, pálya következtében már a sarki területek felhőviszonyai is a meteorológus ellenőrzése alá kerültek. Az egyúttal napszinkron pálya lehetővé tette, hogy a felhőképek az egész Földre nagyjából azonos helyi időben készüljenek. Megoldották az éjszakai felhőtakaró feltérképezését az infravörös tartományban működő letapogatásos rendszerű sugárzásmérővel.

A 60-as évek közepére megérlelődött a helyzet az első folyamatosan működő korszerű operatív műholdrendszer fellövésére. Erre volt hivatott az ESSA-sorozat. A sorozat páratlan holdjai felhőképeket készítettek, sugárzásméréseket végeztek, de az adatokat csak a műholdirányító központ volt képes lehívni, így főleg kutatási célokat szolgáltak. A sorozat páros számmal jelölt tagjai ezzel szemben APT rendszerrel dolgoztak. A kvázipoláris, napszinkron pálya révén elérték az észlelések globalitását. A műhold pálya magasságát 1500 km-nek választották. Egy-egy kép mintegy 3000×3000 km² területet ölelt fel. A televíziós kamera felbontóképessége a műholdalatti pontban 3,5 km volt, a képek szélén viszont 7 km-re növekedett. A képmezőt úgy vették föl, hogy az egymásutáni (közel 5'-ként készülő) képek között 30%-os átfedés legyen. Az egymás melletti pályákon készült képek az egyenlítőn érintették egymást, így a magasabb szélességek felé egyre nagyobb átfedés lépett föl. A műhold kocsikerék módjára gurult végig pályáján és a képvételt úgy programozták, hogy az mindig akkor történjék, amikor a televíziós kamera a földfelszínre éppen merőlegesen irányul. Az új operatív műholdrendszer első két tagjának felbocsátására 1966 februárjában került sor.

A magyar meteorológiai szolgálat átérezve a műholdképek jelentőségét, hamarosan hozzálátott önálló APT vevőállomás kiépítéséhez. Az állomás már 1967 végére elkészült és megindulhatott az akkor APT rendszerrel működő *Nimbus – 2* és *ESSA-4* műholdak televíziós felvételeinek vétele. Ennek nyomán a felhőképek közvetlen alkalmazást nyertek a hazai időjárás előrejelző szolgálatban. Másrészt az új információra támaszkodva az időjárási folyamatok eddiginél behatóbb kutatása kezdődhetett meg.

Az ESSA műholdak közel egy évtizeden keresztül ontották a felhőképeket. Működésük tartama alatt a meteorológiai szolgálatok jelentős része közvetlenül megismerkedett az újfajta felhőadatok nyújtotta lehetőségekkel. Műholdvevő állomásunk 1968 – 76 között több mint 10 000 felvételt fogott fel.

Az ESSA sorozat megindulásával közel egyidőben a Szovjetunióban is megjelentek az első meteorológiai rendeltetésű műholdak, amelyeket kezdetben a *Kozmosz*-sorozat keretében lőttek fel. Ezek a holdak mindjárt korszerű megoldást képviseltek. A megfigyelő elemek (televíziós kamera, sugárzásmérő) a földfelszínre merőlegesen irányultak. A televíziós kamerák egyidejűleg 1000 km széles terület leképezését végezték el, 650 km körüli magassággal mintegy 1 km-es felbontással. A televíziós kamerák mellett infravörös leképező rendszert is működtettek 15 km-es felbontással. Jelentős szerepet töltöttek be a sugárzásmérő műszerek, amelyeket a Föld-légkör rendszer rövid- és hosszúhullámú komponensének mérésére ($0{,}3 - 3\mu$, $3 - 30\mu$), illetve a vízgőzablakban ($8 - 12\mu$) távozó infravörös sugárzás mérésére állítottak fel a műholdon. A meteorológiai holdak fokozott jelentőségét jelzi a szovjet űrkutatásban, hogy 1969-től már önálló, *Meteor* elnevezésű sorozatot indítottak meg, az előzőkhöz hasonló funkcióval, de tökéletesített műszerezettséggel. A pálya magasságát 900 km-re emelték, a *Meteor* 10-t APT sugárzásra is alkalmassá tették. Napjainkig 25 ilyen típusú *Meteor* hold került pályára. Az adatokat Moszkvában, Novoszibirszkben és Habarovszkban veszik.

Közben az űrtechnikában végbement fejlődés megteremtette az alapokat az új meteorológiai megfigyelések kifejlesztésére.

Az Egyesült Államok meteorológiai műholdrendszerében az ITOS (1970) majd a NOAA holdak (1970) jelezték az új adatszolgáltatási rendszer megjelenését. E holdak az előzőkhez képest merőben új konstrukciót képviseltek. A leképező rendszerben a NOAA 2-től (1972) új megoldással álltak elő, a letapogatásos sugárzási képekkel. Ennél a megoldásnál a kép úgy készül, hogy a sugárzásmérő a pályára merőlegesen sorosan letapogatja a földfelszint és a letapogatások tovahaladását, tehát tulajdonképpen a sorok képpé történő összeállását a műhold mozgása hozza létre. Lehetővé tették a látható és az infravörös tartományban, a korábbi APT képekkel egyenértékű felbontással készülő képek egyidejű közvetlen vételét. Emellett kiépí-

tettek még az előzőhöz hasonló, kétcsatornás, de annál lényegesen jobb felbontású (900 m) leképző rendszert. Ezek a felhőképek szintén folyamatos kisugárzásra kerülnek A megnövekedett információ menyniség zavarmentes továbbításához 1,7 GHz-s adatátviteli frekvenciára és lézeres fotóregisztrálóra tértek át. A vétel azonban természetszerűleg új, a korábbinál lényegesen költségesebb vevőberendezés felállítását teszi szükségessé.

A televíziós rendszerrel szemben a két csatornán érkező képek lényegesen több információt tartalmaznak a felhőzetről. Az infravörös adatokon keresztül lehetőség van a felhőtető hőmérsékletének és közvetlen magasságának a meghatározására is. Ezáltal tehát a felhőzet horizontális eloszlása mellett nagy biztonsággal a felhőzet vertikális fejlettségét is becsülni tudjuk. Nem szükséges különösebben hangsúlyozni, hogy ennek a ténynek milyen nagy jelentősége van, éppen a csapadékot adó felhőrendszerek felkutatásában. A sugárzási képeknek további előnye a földrajzi azonosítás egyszerűbb voltában rejlik.

Az Országos Meteorológiai Szolgálatban 1976. óta veszik rendszeresen a NOAA holdak által továbbított sugárzási képeket. A téli félévben az infravörös, a nyári félévben a látható tartományban készülő képeket használjuk fel.

Új, közvetlen adatszolgáltatást jelent a NOAA 2-n kiépített függőleges hőmérsékleti profil kimérő műszer. E mérési metodika már nem volt új, hiszen a Nimbus – 3, 4 holdakon (1969 – 70) már sikeresen kipróbálták. A mérés lényegében a szén-dioxid elnyelési sávjában folytatott sugárzásmérések sorozatából áll. Mivel a szén-dioxid mennyisége nagy magasságig (homoszféra) állandónak vehető, a különböző hullámhosszokon mért sugárzási energia különböző magasságú légréteg hőmérséklet viszonyaira jellemző. A sugárzási értékek bonyolult matematikai szintézise végül a függőleges profilt eredményezi. Egy-egy hőmérsékleti profil mintegy 600×600 km-es területre jellemző, pontossága $1 - 2$°C. Jelentősége elsősorban a tenger borította területeken van, ahol a rádiószonda mérések nagyon ritkák. 64 adatból állítják elő a tiszta sugárzási adatokat, amelyek mentesek a felhőzet zavaró hatásától. Ezeknek az adatoknak a vétele újabb technikai apparátust igényel (vevőberendezés, számítógép), ami viszonylag még kevés helyen áll rendelkezésre. Az óceáni területekre vonatkozó hőmérsékleti adatokat számjegyes távirati formában a telexcsatornákon is eljuttatják az érdekelt meteorológiai szolgálatokhoz.

A NOAA műholdsorozatot alkalmassá tették különböző energiatartományokban a Napból érkező proton- és elektronáramok mérésére. Ezeket a műhold profilmérési adatokkal együtt továbbítja. Ez a műholdrendszer jelenleg is üzemel, pillanatnyilag a NOAA – 4 és – 5 műholdak révén.

A Szovjetunióban a *Meteor* elnevezésű meteorológiai műhold-rendszer fejlesztése két irányban történik: 1) javított Meteor holdakkal (II-vel jelzett széria) és 2) kísérleti jellegű műholdakkal.

1) A továbbfejlesztett típusú holdak napjában kétszer (00 és 12 GMT időben) felhőképeket készítenek kísérleti jelleggel vertikális hőmérsékleti profilmérést végeznek, továbbá mérik a Föld légkörébe érkező energia részecskéket. Ezideig két ilyen holdat bocsátottak fel. A sorozat évente 1 – 2 újabb holddal folytatódik, legalább 1985-ig. Háromféle felhőkép készül: *a)* $0{,}5 - 0{,}7\mu$ tartományból letapogatásos sugárzási kép mintegy 2600 km-es széles sávról, 2 km-es felbontással; ezt a műhold APT-szerűen kisugározza; *b)* televízió-rendszerű kép 2200 km-es széles területről, 1 km-es felbontással és *c)* infravörös kép 2600 km-es sávról, 8 km-es felbontással.

2) A kísérleti holdak (Meteor 18, 25, 28) korábban 900 km kvázipoláris, újabban 600 km magas és napszinkron pályára kerülnek. A leképezés négycsatornás ($0{,}5 - 0{,}6\mu$, $0{,}6 - 0{,}7\mu$, $0{,}7 - 0{,}8\mu$, $0{,}8 - 1{,}1\mu$) letapogatásos műszerrel történik 1800 km széles területről 600 m-es felbontással. Ezen felül elhelyeztek a műholdon olyan berendezést is, amely 250 m-es felbontást nyújt, két csatornán ($0{,}5 - 0{,}7\mu$ és $0{,}7 - 1{,}1\mu$ között). A sokrétű sugárzásmérés közül csak néhányat emelünk ki. Háromcsatornás mikrohullámú sugárzásmérőt működtetnek 0,8, 1,35 és 8,5 cm-en. Ezek a mérések különösen a csapadékos területek földerítésében és intenzitásuk megállapításában nyújtanak segítséget. Mérik az energiarészecskéket a 0,3 – 30 keV tartományban. A képek egyrésze APT kisugárzásra kerül.

Az Egyesült Államok a Nimbus holdakon folytatja a megfigyelési technikák kipróbálását. Hosszú lenne a kísérletek sokaságának a felsorolása. Mindössze az 1978 végén felbocsátásra kerülő *Nimbus 6* mérési programjának néhány igen érdekes elemét emeljük ki. Letapogatásos multispektrális sugárzásmérője van, a tengerhullámzás, a felhők víztartalmának. csapadékhullásnak, talajnedvességnek, hóborítottságnak a meghatározására. Külön műszer végzi majd a sztratoszféra és a mezoszféra hőmérsékleti szondázását 15 – 100 km között és méri a nyomgázok mennyiségét. A sztratoszférikus aeroszol mennyiségét a napsugárzás 1μ-os extinkciója alapján kívánják kimérni.

Az eddig említett holdak kvázipoláris pályán keringenek, biztosítva a megfigyelések globalitását és ugyanarról a területről napi egy, illetve az infravörös leképezési technika jóvoltából két észlelést végeznek. A meteorológiai műholdak másik nagy családja a geoszinkron holdak, amelyek lehetőséget nyújtanak arra – mivel a földgolyónak mindig ugyanazt a részét „látják" –, hogy legalább az alacsony szélességekről (mintegy 50°-ig), időben szinte folyamatos megfigyeléseket szolgáltassanak.

Az első kísérleti jellegű geoszinkron meteorológiai mesterséges hold, az ATS 1, már 1966-ban felbocsátásra került a Csendes-óceán fölé, majd egy év múlva az ATS – 3 Dél-Amerika fölé.

Mindkét holdat alkalmassá tették a felhőtakaró megfigyelésére, sőt az ATS 3-nál már szűrők beiktatásával elérték, hogy színes képet kapjanak. A képkészítést olyan módon oldották meg, hogy a hold az egyenlítő síkjára merőleges tengely körül forog, egy-egy körülfordulás alatt egy soros letapogatást végezve. A folyamatos letapogatás érdekében minden körülfordulás után a műszer kissé meghajlik. Egy teljes kép 25 perc alatt készült el (percenként a hold 100-at fordult) és 2500 sorból állt. A felbontás mértéke a nadirpontban 4 km volt.

Mindkét holdon kiépítettek olyan rendszert (WEFAX), amely alkalmas a Földről a műholdra fellőtt meteorológiai információk (térképek, adatok) szétsugárzására. Ezek az adások a műholdtól számítva mintegy 75°-os főkörív távolságra még vehetők. 1968 és 1969 folyamán az ATS 3 egyideig az Amazonas torkolata fölött állt (47 W). Ez a pozíciója lehetővé tette, hogy a WEFAX adásokat Budapesten is vegyük.

Az ATS 3-mal adatgyűjtési és mérőobjektum (automata állomások) bemérési kísérleteket is hajtottak végre. Az automata állomások a műhold közvetítésével kapták meg a rádiós parancsot mérési adataik kisugárzására. A helymeghatározás a mérőállomásaiktól irányadó jeleinek fázisösszehasonlítása alapján történt.

A geoszinkron holdak jelentősége rendkívül nagymértékben megnőtt. A GARP világméretű kísérlet periódusa idején(1979 folyamán), 5 geoszinkron holdat kívánnak működtetni, ebből 4 máris pályára került.

Az ATS sorozatot – mint már önálló operatív meteorológiai geoszinkron család – a GOES-sorozat váltotta fel; első két prototípusa az SMS elnevezést kapta. Napjainkig már 4 került belőlük pályára. Az idén további egy ilyen hold felbocsátása várható. A holdakat a 75 W és a 135 W meridiánok fölött helyezik el. A képalkotás az ATS holdaknál már jól bevált módon a látható és az infravörös tartományban történik 1, illetve 7 km-es felbontással. Ez a finom felbontás lehetővé teszi, hogy a felhőzet mozgása alapján a szélvektorokat analizáljuk. Felvették a holdak mérési programjába az energiarészecskék, a mágneses mező és a Nap röntgensugárzásának (0,5 – 3 A° és 1 – 8A° között) mérését. Foglalkoznak olyan tervekkel, hogy a vertikális hőmérsékleti szondázást is bevezessék (1980-tól). Képessé tették e holdakat adatgyűjtésre (esőmérők, bóják, folyók vízszintje, szeizmométerek, dagályjelzők stb.). A mérési adatok adása többféle módon történhet: 1) meghatározott időközönként, 2) műholdról érkező parancsra, 3) veszély jelzés esetén. Az adatok kisugárzása, beleértve a WEFAX programot, 1700 MHz-en, míg az adatlehívás 400 MHz-n történik.

A GOES holdak mellett hasonló rendeltetéssel felbocsátották (1977 november) a nyugat-európai űrkutatási szervezet (ESA) műholdját, a *Meteosat*-ot és Japán holdját, a GMS-t (1977 július) a 0°, illetve a 140°E meridián fölé. Jövőre várható a Szovjetunió geoszinkron holdjának, a GOMS-nak a fellövése a 70°E fölé.

A *Meteosat*-on felhőképek előállítása végett két, a látható és a közeli infravörös, és egy, a távoli infravörös tartományban, továbbá egy, a vízgőz elnyelési sávjában érzékelő sugárzásmérőt helyeztek el. A látható kép 5000, az infravörös kép 2500 sorból áll, a műhold alatti pontban 2,5, illetve 5 km-es felbontással. Sugárzásmérőket helyeztek el a Föld-légkör rendszer sugárzásmérlegének a mérésére. Automata állomások méréseinek összegyűjtésére 66 telekomunikációs csatorna áll rendelkezésre. Ezek felét regionális célra, pl. az Alpokban felállított hidrometeorológiai állomások, másik felét a GARP keretében bevezetett, főleg a mozgó objektumok méréseinek összegyűjtésére tartják fenn. A Meteosat központját Darmstadtban (NSZK) állították fel. Az adattovábbítás digitális és analóg jelleg formájában történik, az utóbbiak bizonyos műszaki átalakítással a hagyományos APT állomások részéről is vehetők.

Az adások vétele az európai meteorológiai szolgálatok – köztük a magyar szolgálat – szempontjából is jelentőségteljes. Ennek érdekében megkezdődött az OMSZ APT állomásának megfelelő átalakítása a Meteosat WEFAX adások vételére.

A már működő műhold-sorozatok áttekintése után ejtsünk néhány szót a közeljövőben várható újabb műholdakról. Ezek között mindenekelőtt a *Tiros* N sorozatot kell megemlítenünk, amelynek első tagját már ez év májusában lövik fel. A rendszert 8 éven át kívánják működtetni. A műhold-

pálya magasságát 830 km-re csökkentik, egyidejűleg két holdat működtetnek majd kvázipoláris napszinkron pályán, felszálló csomó idejéül 7,30 és 15,30-as helyi időt választva.

A műhold műszerezettsége a következő lesz:

1. Hőmérsékleti szondázó rendszer: *a)* a Nimbus holdakon kifejlesztett 20 csatornás műszer (20 km-es felbontással); *b)* háromcsatornás sztratoszféra szondázó egység; *c)* négycsatornás mikrohullámú műszer (az 5,5 mm-es oxigén elnyelési sávban) 15 km-es felbontással. A mérésektől a hőmérsékleti profilt $1-1{,}5°$-os pontossággal 1 mb-ig várhatjuk, emellett a nedvességet három szintben és a teljes ózontartalmat.

2. Négycsatornás letapogatásos leképező rendszer *a)* $0{,}5-0{,}9\mu$ látható tartományban, *b)* $0{,}73-1{,}0\mu$ közeli infravörös tartományban, *c)* $10{,}5-11{,}5\mu$ távoli infravörös tartományban, *d)* $3{,}6-4{,}1\mu$-os vízgőzablakban. Az APT szolgáltatás két, változtatható csatornára terjed ki, 4 km-es felbontással. Emellett folyamatosan közvetlenül vehetők 1 km-es felbontású képek is. A kétféle kép egyazon rendszerrel készül. Az eltérés onnan adódik, hogy az APT állomások számára kisugárzás előtt a képjelek különböző mértékű átlagolása megy végbe.

3. Nap-proton és elektronfluxus mérése.

4. Adatgyűjtő rendszer, napi 4000 adat összegyűjtését teszi lehetővé.

E számunkból az IRODALOM rovat anyagtorlódás folytán kimaradt

KRÓNIKA

A METEOROLÓGIA AZ EMBERISÉG JÖVŐJÉNEK SZOLGÁLATÁBAN
— A XVIII. Meteorológiai Világnap —

A Magyar Meteorológiai Társaságnak már hagyományai közé tartozik a meteorológiai világnapok alkalmával évenként megrendezett ünnepi ülés. A *XVIII. Meteorológiai Világnapon*, 1978. március 23-án a Társaság Ankerközi székházában gyűlt össze, hogy megemlékezzék a világ meteorológusainak napjáról, amelynek ezidei vezérgondolata — a Meteorológiai Világszervezet ajánlására — *a meteorológia az emberiség jövőjének szolgálatában* volt. Erről a témáról *Béll Béla* az MTA levelező tagja, a Társaság elnöke tartotta meg az alábbi előadást:

„A Meteorológiai Világszervezet (WMO) 1950. március 23-án vette át a stafétabotot elődjétől, az 1873-ban létesült Nemzetközi Meteorológiai Szervezettől (IMO). Azóta, immáron 28 éve egyre gyorsabban fut a WMO ezzel a stafétabottal; vajon milyen cél felé?

1961 óta, az első 10 év elmúltával a világ meteorológusai minden évben március 23-án megünneplik a WMO születésnapját. Ezeken, az ún. *meteorológiai világnap*okon egy-egy aktuális témáról esik szó minden ország meteorológiai központjaiban. A WMO-tól sugallt témák elárulják azt a célt, amely felé az *Organizáció* a szervezett meteorológia aktív tevékenységét tereli s amelyet maga a meteorológiai kutatás és tudomány is szolgál. Ilyen témák voltak pl. az elmúlt 17 évben:

A meteorológia és a mezőgazdaság,
A légkör mint emberi környezet,
A meteorológia és az élelmiszertermelés.

Úgy gondolom, egyetérthetünk abban, hogy *az a cél, amely felé a Meteorológiai Világszervezet a meteorológusok aktivitását irányítja s amely felé az említett stafétabotot egyre sebesebben maga is viszi, az emberi társadalom fejlődésének, jólétének, egészségének, kiegyensúlyozott jövőjének szolgálata a meteorológia tudományának eszközeivel.*

A meteorológiai világnapok ebben a versenyfutásban az irányjelző táblák, vagy mezsgyekarók — ahogyan jobban tetszik —, de mindenképpen tilalomfák a kutatást az elkalandozástól megóvandó.

1. A meteorológiai kutatás társadalmi jelentősége

Kérdés, valóban versenyfutáshoz hasonlíthatjuk-e korunk meteorológiájának ilyetén fejlődését?

Mihelyt a tudományos kutatás elfoglalta megillető helyét a társadalom-fejlesztés feladatkörében, a megvalósítás *versenyfeladattá* vált — sajátságos időigénnyel. A fejlődő társadalom — s ebben a fogalomban bennefoglaltatik a gazdasági élet, a szociális életforma, a kultúra és a civilizáció, a közegészségügy fejlődése —, egyre inkább növekvő igényekkel, elvárásokkal fordul a különböző tudományterületekhez. Ezek az igények nem csak mennyiségükben, hanem minőségükben is gyorsuló tendenciát mutatnak, éppen a fejlődés velejárójaként.

A tervszerű, nagyüzemi mezőgazdaság pl. minden munkafázisában függ a környezeti tényezőktől, köztük az időjárás kedvező és kedvezőtlen hatásaitól. Minél fejlettebb az alkalmazott agrotechnika, annál differenciáltabb a fajtakiválasztás, merészebb a növénynemesítés, fejlettebb a mesterséges tápanyagellátás, általában minél intenzívebb a termés-eredmények növelésére irányuló agrártevékenység, annál inkább sokasodnak és minőségükben is magasabb szinten jutnak kifejezésre az időjárásban, az éghajlatban rejlő természeti erőforrások felismerésére és hasznosítására vonatkozó törekvések. Ugyanez elmondható a társadalmi igények minden területére, azaz *a fejlődő társadalom elvárásai a tudományos kutatással szemben az időben gyorsulva exponenciális jelleggel nőnek.*

Ezzel a gyorsuló igénnyel kell versenyt futnia a tudományos kutatásnak, s ha ebben a versenyben lemarad, a későn jött segítségről a fejlődésben már előbbre lépett társadalom

lemond s ítélete elmarasztaló lesz. Elfogadhatjuk azt a tapasztalati megállapítást, amely szerint *korunk tudományos kutatását, így a meteorológiai kutatásokat is, a társadalmi igények motiválják s a kutatás időigénye miatt a kutatástervezésnek ezeket az igényeket jóelőre — a természettudományokban a tapasztalat szerint 5—10 év távlatában — föl kell ismernie.*

2. A jövőkutatás és a meteorológia

Íme, eljutottunk a XVIII. Meteorológiai Világnap vezérgondolatához: »Mi a feladata *most* a meteorológiának az emberiség jövőjének szolgálatában?«

Természetesen ehhez tudnunk kell, hogy mit vár a társadalom a jövőben a meteorológia tudományától. Erre a kérdésre azonban még egyetlen ország viszonylatában sem könnyű feleletet kapni. Világgazdasági prognózis készítése pedig még inkább meghaladja egy szaktudomány lehetőségeit, még akkor is, ha felbátorít erre egy bizonyos Michael *Jungblut* szellemes megállapítása: »Ha valaki 200 évre előre találgat, annak nem kell tartania attól, hogy még életében megcáfolják«.

A jövőkutatás rendkívül gazdag irodalmából (Római Klub jelentései, világgazdasági kutatóintézetek prognózisai) mi meteorológusok arra bizton következtethetünk, hogy a távoli jövőben

a) a megszaporodott emberiség élelmiszergondjai,

b) a növekvő energiahiány és

c) az emberközpontú környezetvédelem

jelentik a legfontosabb, meteorológiai vonatkozásban is figyelemreméltó és megoldandó feladatokat. Ezért egyre inkább előtérbe fog kerülni a meteorológia tématarából:

a) az agrometeorológia,

b) az időjárási, éghajlati erőforrások feltárása és

c) az egészséges levegőkészlet biztosítása, ellenőrzése.

Miután ezek a feladatok összefüggnek más természet- és társadalomtudományokkal, *a jövő kutatási formája a komplex, csoportos-jellegű, célra irányított fejlesztési kutatás lesz,* úgy érzem, nem csak a meteorológia területén. A régen jórészt spontán kutatási elgondolásokat jelentékeny arányban komplex célprogramok váltják fel, s ezek átfogóbb, a társadalom fejlődését messzemenően figyelembevevő távlati tudományos kutatási tervekhez illeszkednek. Hazai tekintetben ennek az útnak, azaz a tudománytervezés fölfelé vezető, ezért nehéz versenyfutásának irányjelző táblái *a tudománypolitikai irányelvek és az Országos Távlati Tudományos Kutatási Tervek.*

3. A meteorológia tudományának alapvető feladatai az emberiség jövőjének szolgálatában

Ha egyetértünk abban, hogy korunk tudományos kutatását a társadalmi elvárások motiválják, azt gondolom, egyetérthetünk abban is, hogy minden szaktudomány el nem hanyagolható kötelessége emellett annak biztosítása, hogy saját kutatóbázisának személyi és technikai fejlesztésével képes legyen ezeknek, a sokszor előre nem látott társadalmi elvárásoknak kielégítésére. Emiatt a többször emlegetett versenyfutás közben a nemzetközi porondra is figyelnünk kell, mégpedig lehetőleg a távolabb látó szemünkkel.

A határokon túli, széles látókörre a meteorológia terén különösen nagy szükség van, minthogy *a társadalom igényei a különböző meteorológiai szolgáltatások sokaságát végső soron az időjárás előrejelzésének (a prognózisnak) és az éghajlat stabilitásának alapvető kérdései körül rendezik.* Ez pedig kizárólag nemzetközi szinten megközelíthető feladat éppen a légköri folyamatok globális, de legalább is hemiszférikus méretei, extraterresztrikus kiváltó *(trigger)*-effektusai miatt. Ez a nagytérségre kiterjedő információs igény hívta életre 100 évvel ezelőtt a meteorológia nemzetközi szervezetét, majd a nemzetközi poláris elveket, a nemzetközi geofizikai évet, a nyugodt Nap évét és napjaink globális légkörkutatási programjának (GARP) terveit.

4. A WMO kezdeményezése és tudományos tervei az emberiség jövőjének szolgálatában

Úgy gondolom, a Meteorológiai Világszervezet állásfoglalásaival összhangban vagyunk, amikor eljutottunk a meteorológia fundamentális problémáihoz: *az időjárás előrejelzésének és az éghajlatváltozásoknak kérdéséhez.* Mindkettő érdekében jobban meg kell ismernünk a földi atmoszférát, hogy megérthessük globális folyamatait. Enélkül — a légkör egysége miatt — sem az időjárás regionális vagy lokális előrejelzése, sem az éghajlat kutatása nem lehetséges.

A fundamentális feladat két követelményt rejt magában. Kielégítésük a meteorológia tudományának 100 éves gondja. Ezek:

a) Az egész Földre kiterjedő ún. globális észlelő hálózatból, különböző magassági szinteken pontos észlelési adatokat kell kapnunk a levegő nyomásáról, hőmérsékletéről, nedvességéről, mozgásáról elég sűrű tér- és időbeli megoszlásban, az észleléseket követő nagyon rövid időn belül.

Jelenleg a globális hálózatban jelentékeny fehér foltok vannak az óceánokon, a trópusi övben, a poláris térségekben. Éppen ott, ahol az óceán-légkör kölcsönhatások kutatása miatt, továbbá az energia forrás- és nyelőterületeinek ellenőrzése miatt a legnagyobb szükség lenne

információra. Az észlelések időbeli sűrűsége sem teljesen kielégítő.

b) Meg kell oldani a jövőben gyorsan szaporodó, de már ma is óriási adatanyagnak gyors feldolgozását. A »gyors« és a »rövid időn belül« kifejezéseket a prognózis gyakorlati felhasználása szó szerint értelmezi.

Az első feladatban az »elég sűrű« globális észlelőhálózat megszervezése célra irányított elméleti megfogalmazást kíván. Megvalósítása *»matematikai forradalom a meteorológiában«* címszó alatt kapott helyet a meteorológia történetében. Ismeretes, hogy 60 évvel ezelőtt az angol *Richardson* megkísérelte az időjárás objektív előrejelzését jól ismert fizikai törvények matematikai formuláinak felhasználásával. Abban az időben ez a feladat tudományos fikciónak tűnt, mivel kb. 2000 meteorológiai állomás roppant adathalmazának egyszerű számológépekkel történő feldolgozását és ehhez mintegy 60 000 matematikus éjjel-nappali munkáját kívánta volna. Negyedszázaddal később a magyar származású amerikai *Neumann* János már elektronikus számítógépek alkalmazását javasolhatta az időjárási helyzet analízisére és prognózisára. Ezzel megszületett az időjárás numerikus előrejelzése.

Egyúttal elfogadottá vált az az elgondolás, amely szerint a légköri jelenségek a maguk láncfolyamataival, a Föld-légkör rendszer fölfelé nyitottságával, belső visszacsatolási mechanizmusaival csak bizonyos valószínűségi szinten közelíthetők meg szimulációs matematikai-fizikai modellekkel. Ezzel az előrejelzés témakörébe — mint megközelítendő végső határ —, bekerült az objektív »előrejelezhetőség« kérdése. Egyszerűen szólva, a tudomány bőségszarujából nem lehet kivenni azt, ami nincs benne.

A másik fejezetcím a meteorológiai történetének nagyjából ugyanezen korából (50-es évek) való s így hangzik: *»A technikai forradalom térhódítása a meteorológiában«*. Elegendő, ha a műholdakat, napjaink űrhajóit, űrállomásait, általában az űrkutatást, a radartechnikát, az automatizálást, főként pedig a nagysebességű számítógépeket említem részletezésük nélkül.

A svéd *Pettersen* szavaival: »Korunkban lehetővé vált a teljes földi atmoszféra állandó ellenőrzése és az óriási adathalmaz szinte azonnali *(real time)* feldolgozása«. Hozzátehetjük: megnyílt a lehetőség a földi légkört kívülről érő, extraterresztrikus hatások észlelésére és számbavételére is.

A nagy távlatokat megnyitó lehetőségeket felhasználandó a Meteorológiai Világszervezet az ENSZ 1961. évi határozatával megerősítve létrehozta az Időjárási Világszolgálatot (WWW) és a Tudományos Uniók Nemzetközi Tanácsával (ICSU) együttműködve megkezdte napjainknak a távoli jövőre is kiható globális légkörkutató programjának (GARP) szervezését. Az elmúlt másfél évtized előkészítő munkája után ebben az évben 1978. december 31-én megkezdődnek a meteorológia eddigi történetében legnagyobb vállalkozásnak, az »Első GARP Globális Kísérlet«-nek (FGGE) operatív munkálatai. Ezeknek az a feladatuk, hogy egy éven át betöltsék a WWW világhálózatának azokat a fehér foltjait, amelyekről már megemlékeztünk, és amelyek állandó jellegű pótlása nagy költségigényük miatt egyelőre nem oldható meg. A kísérleti évben összegyűlt adatanyag segíti a GARP elméleti programjának megvalósítását, amely a valóságos légkört és folyamatait az eddigieknél tökéletesebben megközelítő szimulációs modell kifejlesztésére, végső soron a légköri folyamatok jobb megértésére irányul.

A kísérleti időszak során a WWW-rendszere összegyűjti és a feldolgozó központokba továbbítja a világhálózat standardjelentéseit több mint 9000 szárazföldi állomásról, mintegy 1000 aerológiai (magaslégkörkutató) obszervatóriumból, egy helyben álló óceáni kutatóhajókról, kereskedelmi hajókról, repülőgépekről. A földi megfigyeléseket 5 geostacionarius, és számos kvázipoláris műhold információi egészítik ki a földfelszín és a tengervíz hőmérsékletéről, a troposzféra hőmérsékleti rétegezettségéről, a beérkező és távozó sugárzási energiáról, a hó- és jégtakaróról, a felhőzetről stb. Mindmegannyi értékes, 20 évvel ezelőtt még csak álmainkban elképzelt adat a *Föld—légkör—óceán—jégtakaró* egységes rendszer belső kölcsönhatásainak, külső kényszereinek megismerésére.

A program a már említett okokból elsősorban a trópusi övre és a poláris térségekre irányul, de fontos szerep jut az óceánok és a légkör kölcsönhatásának is. Erre a célra az óceánok trópusi övében cca 50 hajóról 30 km fölé emelkedő műszeres léggömböket bocsátanak fel, repülőgépekről 10—12 km magasból ún. ejtett szondákat bocsátanak le a troposzférába. A tervek között szerepel kb. 300 úszóléggömb (közel állandó magasságuk 14 km) és ugyanennyi, a tengeráramlatokkal úszó műszeres bója elindítása trópusi szigetekről. Adataikat pozícióikkal együtt műholdak közvetítik a feldolgozó központokba, ahol nagyteljesítményű számítógépek végzik a feldolgozás munkáját. A főprogramot számos, már folyamatba tett vagy befejezett alprogram egészíti ki. Ilyen az állandó antarktiszi program, amelyben jelenleg az ötödik magyar meteorológus vesz részt szovjet délsarki állomáson. Ilyen volt az évi »délázsiai monszun-program« 2 magyar meteorológussal egy szovjet kutatóhajón, az Indiai-óceánon. Ilyen lesz a hegyrendszerek áramlásmódosító hatását kutató alprogram, amelyet magyar kezdeményezésre iktattak a GARP tevékenységek közé s színtere az Alpok és a Kárpátok térsége lesz.

Egyszóval óriási jelentőségű az az átgondolt, világméretű kísérlet, amelynek tanúi vagyunk, s amellyel végeredményben a világ meteorológiai szervezetében tömörült 147 ország az

emberiség jövőjének szolgálatában, a jobb szolgáltatás érdekében alapfelkészültségét, tudományos bázisát erősíti azzal a helyes elgondolással, hogy *biztos alap nélkül minden vár, ha falai még oly erősek is, csak légvár marad.*"

A nagy tetszéssel fogadott előadást az „Országos Meteorológiai Szolgálat" című színes film bemutatása követte, amely igen jól egészítette ki az ünnepi előadást.

Szakály J.

*

A METEOROLÓGIAI VILÁGSZERVEZET LÉGKÖRTUDOMÁNYI BIZOTTSÁGÁNAK (WMO—CAS) VII. ÜLÉSE MANILÁBAN

A Fülöp-szigeti kormány meghívására 1978. február 27-től március 10-ig ülésezett Manilában a WMO Légkörtudományi Bizottsága (továbbiakban CAS). Az ülésen közel 50 ország mintegy 100 küldötte vett részt. Említésreméltó, hogy a delegációk fele fejlődő országokból érkezett. (Az előző ülésen —1973-ban — arányuk 30% körül volt). Az MNK képviseletében e sorok írója vett részt.

Az ülést *A. Villevieille*, a bizottság ideiglenes elnöke nyitotta meg, majd *J. M. Crisol* a vendéglátó ország hovédelmi miniszterének helyettese, *D. A. Zajcev* a WMO főtitkárának képviselője, és *R. Kintanar* a Fülöp-szigeti Légköri, Geofizikai és Csillagászati Szolgálat főigazgatója mondott beszédet.

A napirenden szereplő témák vitája két munkabizottságban zajlott, *J. D. Stackpole* (USA) és *W. Böhme* (NDK) elnökletével. Beszámolónkban az anyag rendkívüli gazdagsága miatt csak a leglényegesebb határozatokra, javaslatokra és jegyzőkönyvi megállapításokra térünk ki, a teljesség igénye nélkül.

1. *GARP.* A globális légkörkutatási program előrehaladásáról szóló beszámolók után élénk vita alakult ki a CAS és a különböző GARP tanácskozó testületek kapcsolatáról, feladatairól, felelősségéről. A bizottság szükségesnek tartja a CAS aktivitásának fokozását a WMO minden fajta kutatási tevékenységének koordinálásában, így a GARP-pal kapcsolatos kutatási témákban is. Kívánatos, hogy a CAS elnöke hivatalból tagja legyen a GARP szervezőbizottságának.

2. *Numerikus előrejelzés.* A bizottság fontosnak tartja az előrejelzések kiinduló alapjául szolgáló megfigyelési adatok körének bővítését az újtípusú mérési technikák (műholdas adatok, repülőgépes mérések stb.) szélesebb körű felhasználásával, az ehhez szükséges asszimilációs módszerek fejlesztésével. Nagyobb figyelmet kell szentelni a veszélyes időjárási jelenségek jobb előrejelzésének, a környezeti előrejelzés (4. pont) elméleti megalapozásának. A determinisztikus módszerek mellett jelentős szerep jut a kevert gépi-kézi előrejelzési technikáknak, valamint a valószínűségi előrejelzéseknek. Ez utóbbiak fejlesztése terén elért események megvitatására 1979-ben szimpózium szervezését javasolja a bizottság.

3. *Hosszútávú előrejelzés.* Az egy hónapot meghaladó előrejelzések fejlesztésének nehézségei nyilvánvalóak. Ugyanakkor gazdasági jelentőségük felmérhetetlen. Éppen ezért e téma kiemelt fontosságú a WMO kutatási feladatlistán. A fejlesztés alapkövetelményei a következők: *a)* az általános légkörzés fizikájának és dinamikájának mélyebb ismerete; *b)* több és jobb adat elsősorban az óceánok fizikai tulajdonságairól; *c)* megfelelő statisztikai és fizikai módszerek kifejlesztése. Emellett a bizottság fontosnak tartja a meglevő eljárások összegyűjtését és publikálását.

4. *Környezeti előrejelzés.* Ezzel viszonylag új fogalommal a WMO VII. kongresszusa foglalkozott először. Alapját a meteorológiai mérések és előrejelzések képezik, de tartalma és célja jóval szélesebb körű, magába foglalja a legfontosabb környezeti elemek (tengerjég, levegő- és vízminőség, stb.) előrejelzését. Elsőként a kanadai meteorológiai szolgálat bővítette előrejelzői tevékenységét ilyen irányban, s a bizottság állásfoglalásának kialakításában is jórészt ez a példa volt a meghatározó.

Nedvességtranszport Európa fölött. A WMO európai régiójának ülésén felvetett, s most a CAS elé is elkerült rendkívül ambiciózus kutatási terv megvalósításának — úgy látszik — még mindig nem érkezett el az ideje. Bár a bizottság örömmel csatlakozik a feladat megoldását sürgetők körébe, úgy érzi, hogy számos gyakorlati probléma akadályozná az azonnali végrehajtási kísérleteket.

Trópusi meteorológia. A Föld jelentős részét kitevő trópusi övezet időjárási folyamatainak kutatása iránt egyaránt nagy igény mutatkozik az általános légkörzés kutatói felől (ez vezetett a GATE-hoz), valamint a trópusi országok meteorológiai szolgálatai felől. A CAS elnökének kezdeményezésére összeállított kutatási programot a WMO Végrehajtó Bizottsága 1977-ben elfogadta. E gazdag program egyes tételeit most a bizottság fontossági sorrendbe rakta. Itt csak a főbb területeket soroljuk fel: trópusi ciklonok, monszunok, trópusi aszályok, a sivatagi és félsivatagi területek meteorológiája, trópusi háborgások.

Időjárásmódosítás. Előrehaladott stádiumban van azoknak a területeknek a kijelölése (előreláthatólag Törökország, Spanyolország, Ausztrália, Algéria és Tunézia területén), ahol a WMO szellemi és anyagi támogatásával jól ellenőrzött csapadéknövelési kísérleteket folytatnának. Hasonló tervek vannak kialakulóban a jégeső-elhárítási kísérletek nemzetközi „mintaterületének" kijelölésére vonatkozóan. A sivatagi területeken elhelyezkedő fejlődő országok sürgetőleg javasolják a por- és homokviharok elleni aktív védelem lehetősé-

gemek kutatását. Az időjárás-módosítás esetleges jogi vetületeivel kapcsolatban a bizottság úgy véli, hogy korai lenne már most különböző szabályozókat keresni, hiszen e kísérletek még túl ritkák és kimenetelük sem bizonyítható egyértelműen.

Légszennyeződés, levegőkémia. A légszennyeződés modellezésében jelentős előrehaladás történt az elmúlt években: sikeres kísérletek történtek az előrejelző- és a diffúziós modellek összekapcsolására. Megoldatlan probléma viszont egyelőre e modellek verifikációja. Igen fontos feladatként jelölte meg a Bizottság a troposzférikus ózon keletkezésének és lebomlásának vizsgálatát, különös tekintettel a városok által kibocsátott légszennyező anyagokkal való egymásrahatásban.

Légköri határréteg. Az elmúlt években különösen nagy figyelmet szenteltek a légkörkutatás eme bonyolult és ugyanakkor nagyon fontos ágának. Akár légköri, akár óceáni modellek kifejlesztéséről van szó, a határrétegben lejátszódó folyamatok parametrizálása lehetetlen az ott lejátszódó fizikai folyamatok ismerete nélkül. Hasonlóképpen a mezoszinoptikus skálájú folyamatok modellezésénél, a környezeti előrejelzéseknél, a tengerlevegő egymásra hatásánál elengedhetetlen a határréteg folyamatainak figyelembevétele.

Ózonkutatás. A bizottság megállapította, hogy az ózonréteg emberi beavatkozás következtében lehetséges károsodásáról szóló WMO állásfoglalás hasznos volt, de az új kutatási eredmények fényében a jövőben némi átdolgozásra szorul. A teljes ózontartalom mérésére továbbra is a Dobson-féle spaktrofotométereket tartja a legalkalmasabbnak. Igen nagy hiányosságok mutatkoznak térben és időben egyaránt az ózon vertikális eloszlásának mérésében, és továbbra sincs megoldva az UV—B sugárzás mérésére használt műszerek kalibrálása.

Magaslégkörkutatás. A bizottság fontosnak tartja a rádiószondás mérések pontosságának fokozását a sztatoszférában (sugárzási korrekció). Ugyancsak nagy jelentőséget tulajdonít a rakétás méréseknek, amelyeknek kiterjesztését nagyon igényelnék a felső sztratoszféra és mezoszféra kutatói. Javasolja, hogy a WMO aktívan vegyen részt az ICSU „Közép-légkör programjá"-ban (MAP)., melynek célja a 15 és 85 km magasságok közötti légréteg szerkezetének és energetikájának tanulmányozása. Remélhető, hogy e kutatások fényt fognak deríteni többek között a sztratoszférikus felmelegedésekre is, melyeknek pontos nyomonkövetése, ill. annak megszervezése szintén a bizottság feladatkörébe tartozik.

Műholdmeteorológia. A bizottság három fontos kutatási feladatot emelt ki a műholdas mérések eredményesebb alkalmazása érdekében: *a)* közvetett hőmérséklet- és nedvességszondázás; *b)* a geostacionárius holdak segítségével meghatározott felhőmozgásokból szél-adatok levezetése; *c)* tengerfelszínhőmérséklet és különböző éghajlati paraméterek meghatározása műholdas adatokból.

Éghajlatkutatás. Az elmúlt néhány év alatt az éghajlat, közelebbről az éghajlatváltozások kérdése a nemzetközi érdeklődés középpontjába került. A WMO éppen ezért szükségesnek látja, hogy széles körű kutatómunkát kezdeményezzen e területen (Éghajlati világprogram— WCP). E programban a CAS előtt is komoly feladatok állnak: milyen hatást gyakorol az emberi tevékenység az éghajlatra, milyen következményei lehetnek a légköri széndioxid tartalom növekedésének, hogyan hat az éghajlatra a tengeri jégtakaró kiterjedésének változása, az ózontartalom csökkenése, stb.

Az éghajlatingadozások kérdésében a bizottság tartja magát ahhoz a WMO által 1978-ban közzétett állásfoglaláshoz, aminek megfogalmazásában aktívan részt is vett. Korainak tartja, hogy elkötelezze magát olyan elméleti modellkísérletek következtetései mellett, mint pl. a CO_2 növekedés miatt beálló jelentős felmelegedés, vagy mások. Mindazonáltal, rendkívül fontosnak tartja a légkör széndioxid tartalmának mérését és minden ezzel kapcsolatos kutatást.

Sugárzás. Az elmúlt években igen aktív együttműködés alakult ki a Szovjetunió és az Egyesült Államok között a légkör sugárzásháztartásának kutatásában; s jelentős nemzeti erőfeszítések is történtek, elsősorban a Szovjetunió részéről. Ennek nemzetközi kiterjesztését javasolja a CAS, olyan intézmények és testületek számára, amelyek megfelelő anyagi és szellemi kapacitással rendelkeznek.

Nap—Föld kölcsönhatások. Bár a felsőlégkörre vonatkozó mérések és előrejelzések (ionoszféra) jórészt meteorológiai szolgálatokban folynak, az ide vonatkozó kutatások koordinálását inkább az ICSU-hoz tartozó különböző testületek végzik, nem pedig a WMO. Most a WMO is elkötelezte magát, hogy megvizsgálja, van-e valamilyen ésszerű fizikai vagy statisztikai bizonyíték arra nézve, hogy a Napon végbemenő folyamatok tükröződnek a meteorológiai elemek változásában. A bizottság erre vonatkozóan egy sor javaslatot terjeszt az érdekelt szolgálatok és intézmények elé.

Adatcsere és -feldolgozás kutatási célokra. A szükséges adatbázis megteremtését, a kezelőrendszer kidolgozását a CAS-nak és a CBS-nek együtt kell végrehajtania. Ugyancsak jelentős adatforrás lesz a GARP első globális kísérletének (FGGE) anyaga és a többi GARP kísérlet (MONEX, POLEX, stb.).

Nemzetközi meteorológiai szótár. Jó ütemben haladnak előre e fontos kiadvány új kiadásának munkálatai. A kéziratot 1979-ben a tagállamok véleményezésre megkapják, majd 1980 végére remélhetőleg a végleges forma is napvilágot lát.

Tudományos előadások. Az ülésszak során

W. L. Godson (Kanada) a WMO kutatási programjának jövőbeli perspektíváiról, *F. G. Skuman* (USA) a numerikus előrejelzések fejlődéséről. *Ju. Sz. Szedunov* (Szovjetunió) a jégesőelhárítási kísérletek tudományos és gyakorlati kérdéseiről, *J. O. Fletcher* (USA) az éghajlatingadozásokkal kapcsolatos kutatásairól és elgondolásairól tartott előadást.

Szervezeti kérdések. A közel tucatnyi munkacsoport és ugyanannyi rapportőr igen fontos szerepet játszik a CAS tevékenységében, hiszen főleg a munkacsoportüléseken készül az egyes szakterületeken elért eredmények összegezése, a munkacsoportok állítják össze a WMO Technical Note-ok jelentős részét, és számos nagy jelentőségű program kezdeményezői. Éppen ezért a Bizottság sajnálattal állapította meg, hogy a munkacsoportok folyamatos működésének anyagi feltételei nincsenek kellően biztosítva. Egy négy éves periódus alatt munkacsoportonként legfeljebb egy ülés megtartására van lehetőség.

A bizottság némi módosítással újraválasztotta a munkacsoportok tagjait és kijelölte az egyes szakterületek rapportőreit. Végül, szavazattöbbséggel újraválasztotta *A. Villevieille-t* (Franciaország) a CAS elnökeként, az alelnöki tisztséget három jelölt közül *G. O. P. Obasi* nyerte el.

Ambrózy P.

*

SCHULHOF ÖDÖN 1896—1978

A *Schulhof* név összeforrt a magyar orvostudománnyal, a balneológiával: a Milléneum évében született *Schulhof Ödön* apja is orvos volt, bátyja, *Schulhof Vilmos* pedig már fürdőorvosként vált országos hírűvé. Így nem csodálható, ha az ifjú diplomás orvos, *Schulhof Ödön* kezdettől a balneológiával foglalkozott s arra is hamar rájött, hogy a gyógyfürdőkben végzett eredményes kezelésben a gyógyvizen kívül jelentős szerepe van a környezeti tényezőknek, köztük az éghajlatnak és az időjárásnak. Törekedett is e környezeti tényezők alapos megismerésére. Kiterjedt hidrológiai, geológiai, orvosföldrajzi ismeretekre tett szert és a meteorológiának is avatott ismerője volt.

A rokontudományok megismerésén keresztül eljutott e tudományok hivatásos művelőinek személyes megismeréséig, a velük kötött barátságig. Igaz barátja lett sok meteorológusnak is, s éppen ezért nem volt nehéz dolga, amikor a Magyar Meteorológiai Társaság által 1951-ben rendezett első orvosmeteorológiai tanfolyam hallgatóiból lelkes szervezéssel, mások segítségét is igénybe véve, életre hívta a társaság Orvosmeteorológiai szakosztályát. De helytállt akkor is, amikor a szakosztály első elnökeként sikerrel oldotta meg a nem könnyű feladatot: megteremtette a folyamatos, tartalmas, a két határtudományt külön. külön is gyarapító szakosztályi élet föltételeit. Nem kevés érdeme volt abban, hogy a társaság jelentős számú szakmai résztvevővel megtartott vándorgyűlésein — különösen 1955—1970 között — nagy figyelmet keltő orvosmeteorológiai előadások hangzottak el, amelyeket mindig élénk, eredményes viták követtek. Értékes egyesületi tevékenységét a Társaság 1971-ben a Steiner-érem adományozásával ismerte el.

Mindezt mint a Magyar Balneológiai Társaság oszlopos tagja, a felszabadulás után egyik újjászervezője és elnöke, a reá háruló szintén nem kevés feladat sikeres megoldásával párhuzamosan végezte.

És mindez csak társadalmi tevékenysége volt. Élete munkásságának középpontjában a sok szenvedést okozó, igen sok, a termelésben a legfontosabb helyeken dolgozó embernek a munkából való kiesését okozó reumatikus megbetegedéseknek a gyógyítása állt. Előbb kórházi orvosként, majd reuma-szakorvosként, végül az ORFI tudományos igazgatójaként — orvosi iskolát is teremtve — számos problémát vitt át társadalmi munkaterületére széleskörű, sokféle szakemberből összetevődő tudományos egyesületi vitafórumokra.

1978. február 2-án bekövetkezett halála, annak ellenére, hogy az aktív munkából magas kora miatt már több évvel korábban kivált, éppen a szakmai és baráti kapcsolatok szét nem választható erős kötése miatt minden meteorológust, akik ismerték, váratlanul ért. Emlékét mindannyian szeretettel őrizzük.

Kéri M.

*

A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG 46. RENDES KÖZGYŰLÉSE

A Magyar Meteorológiai Társaság fennállásának 53. évében, 1978. február 23-án a MTESZ Anker-közi székházában tartotta meg 46. rendes közgyűlését. A társaság szép számmal összegyűlt tagjait üdvözölve *Béll* Béla elnök nyitotta meg a közgyűlést. Megnyitójában a tudománypolitikai irányelvek végrehajtásában a társaságra váró feladatokról szólva rámutatott arra, hogy a tudományos-technikai forradalom kibontakoztatása hazánkban egyre inkább össztársadalmi üggyé válik, s ez a körülmény fokozott aktivitásra ösztönzi a MTESZ keretében tömörült egyesületeket, köztük a Meteorológiai Társaságot is.

„*A meteorológia társadalmi bázisának szélesítése* érdekében — hangoztatta — a társaságnak közre kell működnie abban, hogy ez a bázis megerősödjék. Ennek szélesítése csak biztos alapokon történhet. Márpedig egyáltalán nem lehetünk elégedettek ennek a bázisnak a szilárdságával, ha meggondoljuk, hogy társadalmunk túlnyomó része a meteorológia egyet-

len feladatának tekinti az időjárás előrejelzését, kiirthatatlan kifejezéssel az *»időjóslást«*, anélkül, hogy ennek reális lehetőségeit, az előrejelezhetőség elvi határait, a légköri folyamatok statisztikai jellegét ismerné. Így a prognózisok helytelen értékeléséből hamis ítéletet alkot az egész tudományterületről. Elsőrendű feladatunknak tehát a meteorológiai *közműveltség emelésére* kell irányulnia.

Fölvetődik a kérdés — folytatta e gondolatot —, elképzelhető-e egy jól tájékozott társadalomban, hogy dilettáns, tudománytalan prognózisoknak (s itt a hírhedt bécsi, belgrádi, nyíregyházi, napokra bontott, egész évre kiterjedő időjóslatokra gondolok) komoly, természettudományokban művelt emberek hitelt adnak, terveiket — alapos kritika nélkül — ezekhez igazítják, sőt az áltudományos módszert szabadalom is védi, eredményeit újságcikkek boncolgatják?! Megtettünk-e mindent a társadalom természettudományos, helyes tájékoztatása érdekében, hogy az ilyen hiedelmeket éppenúgy vesse ki magából, mint ahogyan pl. az örökmozgóval tudatosan, iskolai tanulmányai alapján szembeszáll még akkor is, ha a szerkezetet ideig-óráig mozogni látja? Úgy érzem, nem tettünk meg mindent a meteorológia kellő oktatása érdekében s ez a feladat a *közoktatás fejlesztésére* irányul.

Arról meg lehetünk győződve — mondotta — hogy nincs a társadalmi és gazdasági életnek olyan ága, amely az időjárással, az éghajlattal kapcsolatban ne volna. De fölvethető az a kérdés is: Élők és szorosak-e kapcsolataink a meteorológiai ismereteink alkalmazási területeivel, a mezőgazdasággal, a közlekedéssel, a közegészségüggyel, a városfejlesztéssel, az építészettel, a településüggyel? Ezek a kérdések a társtudományokkal és az alkalmazási területekkel többé-kevésbé már megkezdett *kapcsolataink céltudatos erősítésének* fontosságára mutatnak, amelyre a kedvező adottságokat éppen a MTESZ szervezet biztosítja."

Befejezésül a társaság kapcsolatainak szükségességét hangsúlyozta az egyetemekkel, a szolgálattal és az Akadémiával. A jövő útját abban jelölte meg: a társaságnak ki kell lépnie a mostanában kissé befelé forduló zártságából, el kell jutnia ismét abba az állapotba, amelyben a „meteorológusok és a meteorológia barátainak köre alapítása óta vállalta és dicséretesen végezte is a tájékoztatás, az oktatás, a nevelés feladatait, felkészült a meteorológia propagálására, alkalmazhatóságának hirdetésére, fórumot biztosított kezdő és érett kutatóknak, a társtudományok tudósainak, kapcsolatokat kezdeményezett társegyesületekkel, baráti országok meteorológiai társaságaival, vidéki csoportokat szervezett stb., de ez a keret, a fórum, a kapcsolat köre még mindig meglehetősen szűk. Úgy érzem — zárta *Béll* professzor elnöki megnyitóját —, potenciális energiákat halmoztunk fel és hátra van ennek mozgósítása fejlődő társadalmunk érdekében. Ezen energiaátalakulási folyamatban eddigi és jövőbeli partnereink segítségére biztos számíthatunk, abban is, hogy célunkat: tevékenységi körünk tágítását, társadalmi bázisunk szélesítését elérhessük."

A társaság feladatainak lényegére tapintó s nagy tetszéssel fogadott elnöki megnyitó után *Szakály* József főtitkár beszámolt a 45. közgyűlés óta végzett munkáról, kiemelve ebből a Szlovák Meteorológiai Társaság közreműködésével rendezett 19. vándorgyűlést, a szakülések köréből pedig *A. Mäde* professzor előadását, amelyet az NDK Meteorológiai Társaságának elnöke a tiszteleti tagságról szóló oklevél átvétele alkalmával tartott. A szakosztályok tevékenységének értékelésekor az agrometeorológiai szakosztály kiemelkedően aktív munkájára, a Róna Zsigmond Ifjúsági Kör újjáalakulásának és folyamatos működésének fontosságára mutatott rá. A területi csoportok tevékenységét áttekintve bejelentette, hogy a városklíma-kutatás tárgyában, az érdekelt szakkörök képviselőinek közreműködésével készített tenulmányt a MTESZ országos elnökségének végrehajtó bizottsága megvitatta, elfogadta, s egyúttal megbízta a MTESZ főtitkárát, hogy a tanulmányt a témában érdekelt tárcáknak és országos főhatóságoknak küldje meg.

A társaság vezető szerveinek munkájáról adott tájékoztató, majd a társaság nemzetközi kapcsolatainak ismertetése után a taglétszám alakulásáról szólt a főtitkári jelentés. Kegyelettel emlékezett meg az év folyamán elhunyt tagokról; emléküknek a közgyűlés egy percnyi néma felállással adózott. Végül a főtitkár beszámolójának második részében az 1978-i munkatervet ismertette.

Gaál Elek az ellenőrző bizottság elnöke tett jelentést a társaság pénzgazdálkodásáról, amelyet a megtartott ellenőrzéskor teljesen rendben levőnek találtak, majd a társaság pénzgazdálkodásával kapcsolatban a *főtitkár* javaslatot terjesztett a közgyűlés elé; eszerint a tagdíj 1978-tól kezdve évi 60 Ft, a nyugdíjasok, ifjúsági tagok és a többszörösen MTESZ-egyesületi tagok tagdíja évi 24 Ft lenne.

A jelentések és javaslatok elhangzása után az elnök megnyitotta fölöttük a vitát, kérve a közgyűlés állásfoglalását s javaslatokat a társasági tevékenység további javítása érdekében.

A vitában *Flórián* Endre a rádiómeteorológiai munkacsoport stagnálásának okait elemezte, hangsúlyozva, hogy a rádió hullámok terjedésének tárgyában a Posta illetékeseivel az együttműködés továbbra is kívánatos. *Antal* Emánuel elfogadva a főtitkári jelentést, a külföldön tartózkodó *Mészáros* Ernő írásban előterjesztett javaslatát olvasta fel, amelyben 1979 harmadik negyedében magyar—francia aeroszol-szeminárium megrendezését indítványozza. A javaslatot *Kérdő* István támogatva hangoztatta, hogy a légköri aeroszol-kutatás

kérdésében az orvosmeteorológiai szakosztály is érdekelt. *Kéri* Menyhért az ellenőrző bizottság létrehozását és működését méltatva, az elmaradt tagdíjak befizetésének módjáról terjesztett elő javaslatot. *Kakas* József megállapította, hogy a társaság pénzügyileg továbbra sem lesz önnfenntartó, ezért kívánatos a legnagyobb takarékosság. A tagdíjak javasolt mértékű emelését a társaság szolgáltatásaihoz képest nagyon is mérsékeltnek tartja. *Aujeszky* László kérdőívek kiküldését javasolta a tagság részére, s abban fel kell sorolni a társasági összejövetelek, ülések formáit, a tagok pedig jelöljék meg, mely szakosztályi stb. összejövetelre kérnek rendszeresen meghívót. Ezzel jelentős anyagi megtakarítás érhető el.

A vitában fölvetett kérdésekre az elnök válaszolt. Bejelentette, hogy — egyetértés esetén — az elhangzott előterjesztések, javaslatok a munkatervbe utólagosan beépítésre kerülnek. A közgyűlés a javaslatokat s az új tagdíjrendszert ellenszavazat nélkül elfogadta úgy, hogy ez utóbbi már 1978-ra hatályba is lépett.

A közgyűlés ünnepi percei voltak, amikor az elnök a társaságban végzett kiemelkedően eredményes tudományos-társadalmi munka, valamint több évtizeden át kifejtett oktató-kutató munkájuk elismeréseként *Barát* József, *Justyák* János, *Kőrösi* György és *Szász* Gábor tagoknak átnyújtotta a *Steiner Lajos-emlékérmet* s az oklevelet, majd pedig, amikor az elnökség javaslatára a közgyűlés *Bucsy* Józsefet, *Flórián* Endrét, *Kakas* Józsefet és *Kulin* Istvánt a társaság *tiszteletbeli tagjává* választotta. Az új tiszteleti tagoknak az elnök az erről szóló oklevelet a közgyűlés meleg ünneplése közben nyújtotta át.

Jóváhagyta a közgyűlés az elnökség határozatát, amely szerint az 1977-ben végzett társadalmi munkájuk és a társaság célkitűzéseinek megvalósítása terén átlagon felüli teljesítményeik elismeréseként jutalomban részesíti *Bodolai* Istvánné, *Kozma* Ferenc, *Gajzágó* László, *Csuti* Tibor (Pécs), *Kiss* Árpád (Szeged), *Mersich* Iván, *Haszpra* László, *Bozó* Pál, *Fodor* István (Pécs), *Felméry* László, *Kőhegyi* István (Pécs), *Győre* Simon (Pécs), *Dunay* Sándor, *Kiss* Lajosné, *Simon* Antalné és *Weingartner* Ferencné tagokat.

Hozzájárult a közgyűlés a társasági nívódíj jelenlegi keretének fölemeléséhez, továbbá a nívódíj új szabályzatának, valamint az ifjúsági pályadíj odaítélése alapelveinek kidolgozásához, és ahhoz, hogy a társaság a továbbiakban már ezek figyelembevételével adja ki a szakirodalmi nívódíjat és az ifjúsági pályadíjakat, egyben a kérdés rendezését az elnökség feladatává tette.

Végül a közgyűlés tagfelvétellel foglalkozott. Új tagok lettek: *Baksa* István, *Gyarmati* Zoltán, *Hajdú* Zoltán, *Katona* Bálint, dr. *Novák* Ákos, *Sindely* Pál, *Soproni* György, *Szalai* Sándor, dr. *Timon* Béla és *Titsch* Endre.

A közgyűlés tárgysorozata befejeződvén, rövid szünet után a *Monszun—'77* indiai—szovjet expedíción résztvett *Antal* Emánuel és *Simon* Antal nagy érdeklődéssel várt beszámolója hangzott el. Az előadók egymást váltva vezették végig a hallgatóságot az ázsiai kontinensen keresztül a Szovjetunió Csendes-óceáni kikötőjéig, Nahodkáig, majd onnét tovább a hajóúton, az Indiai óceán térségébe, ahol a kutató-program kezdődött. A mérések tervszerűsége, szervezettsége, az alkalmazott technika sejtetni engedte a *globális légkörkutatási program* nagyszerűségét, amelynek az előadók által ismertetett expedíció csupán tört része. Az előadás kitűnően sikerült színes fölvételsorozattal kísérten mutatta be a nemzetközi szakember-gárda s a tengerészek és a hajók kiszolgáló személyzetének példamutatóan összehangolt tevékenységét, amellyel az előírt kutató-méréseket végrehajtották, s amely az expedíciót váratlanul felbukkant nehézségeken is átsegítette.

Bétl Béla elnök a szerfölött értékes és élvezetes előadást megköszönve bejelentette, hogy ennek második részére egy hét múlva kerül sor, s ezzel a 46. közgyűlést berekesztette.

Szakály J.

*

A METEOSAT FELLÖVÉSE

1977. november 23-án felbocsátották a nyugat-európai űrkutatási szervezet *(European Space Agency)* geoszinkron meteorológiai műholdját, a *Meteosat*ot tervezett helyére, a Guineai-öböl (0° meridián) fölé. A műhold 210 cm átmérőjű, 320 cm magas hengeralakú. Súlya fellövéskor 700 kg, de ennek több mint a fele a pályára történő beállításhoz szükséges berendezéseket (kisebb hajtómotorok) foglalja magában. Névleges élettartama 3 év.

A műhold szerves láncszeme a Meteorológiai Világszervezet WWW *(World Weather Watch)* programjának, amellett aktív szerephez jut a világméretű légkörkutatási programban (GARP). A fellövés időpontja tulajdonképpen az első világméretű GARP-kísérlethez kötődik, amely az idén decemberben kezdődik, és 1977 decemberében már előkészítő szakaszába lépett. Megjegyezzük, hogy e kísérlet érdekében előzőleg már 3 geoszinkron holdat (2 amerikai, 1 japán) bocsátottak fel és a jövő évben még egy hold (szovjet) fellövése várható.

A *Meteosat* funkcióinak összeállításánál a meteorológiai műholdakon már jól bevált megfigyelő, adatgyűjtő és továbbító rendszereket vették alapul. Felhőképek előállítása végett két, a látható és a „közeli" infravörös tartományban (0,4—1,1μ) és egy a „távoli" infravörös tartományban (10,5—12,5μ) érzékelő sugárzásmérőt helyeztek el. A látható kép 5 000, az infravörös kép 2500 sorból áll és soronként ugyanennyi képelemet tartalmaz.

A teljes kép az optikai rendszer 18°-os látószögénél fogva felöleli a műholdról látható teljes földkorongot. A sorfelbontásnak a műhold alatti pontban 2,5 illetve 5 km felel meg. Egy-egy kép 25 perc alatt készül el, további 5 percet többek között arra használnak ki, hogy a megfigyelő rendszer visszaálljon kiinduló helyzetébe. Ennek megfelelően a képek félóránként ismétlődnek.

Az infravörös leképező rendszerhez hasonló sugárzásmérő műszert működtetnek (2500 soros letapogatással, valamint 5 km-es felbontással) a vízgőz elnyelési sávjában (5,7—7,1μ). Ezek a mérések a felső-troposzféra nedvességtartalmának, megközelítőleg pedig az egész troposzféra vízgőzkészletének a becslését szolgálják. A mérések idejére a látható tartomány egyik csatornáját lekapcsolják.

A meteorológiai geoszinkron holdakon a földfelszín, illetve a felhőzet leképezéséhez a holdnak az Egyenlítő síkjára merőleges tengelykörüli forgását használják ki. A műholdon elhelyezett sugárzásmérő egy-egy körülfordulás alatt vonalasan „letapogatja" a Földet. A letapogatások tovahaladását, azaz tulajdonképpen a vonalak képpé történő összeállítását a műszernek a műhold forgástengelyére merőleges lassú tengely körüli hajlása idézi elő. Hogy a nagy magasságból még jó felbontású képet kapjanak, teleszkópot alkalmaznak.

A műholdon sugárzásmérőket helyeztek el a Föld és légköre sugárzási mérlegének kimérése céljából. Erre a célra egyszerűen megmérik a visszaverődő napsugárzás, valamint a hosszú hullámokon a világtérbe távozó hőmérsékleti kisugárzás energiáját. A kettő összege a Földlégkörrendszer teljes energiaveszteségét adja meg.

A műhold alkalmas arra is, hogy hatalmas területről nagyszámú önműködő mérőállomás megfigyelését összegyűjtse és eljuttassa az irányítóközpontba. A mérési adatok kisugárzása történhet rögzített időpontokban, de bekövetkezhet a műhold rádiós parancsára is. Megvan továbbá a lehetősége annak, hogy bizonyos küszöbérték átlépése esetén rendkívüli figyelmeztetésre, riasztásra kerüljön sor. Az állomások azonosítása céljából egymástól megkülönböztethető rádiós kód-jeleket iktatnak az adási programba. Erre a célra a *Meteosat*on 66 távközlési csatorna áll rendelkezésre. Ezek felét regionális célra (például az Alpokban felállított önműködő hidrometeorológiai állomások), másik felét GARP keretében bevetett, főleg a mozgó objektumok méréseinek összegyűjtésére tartják fenn.

A *Meteosat* irányító központját Darmstadtban (NSZK) építették fel. Itt folyik az adatok elsődleges vétele és feldolgozása. A feldolgozott, például földrajzi hálózattal ellátott, kinagyított stb. felhőképek ismét a műhold felhasználásával kerülnek szétsugárzásra. (Ekkor a műhold a relé szerepét tölti be). Az adattovábbítás közel 1700 MHz-n történik, digitális és analógjelek formájában. A digitális adatok vétele igen költséges vevőállomást igényel. Az analóg-adatok ezzel szemben némi műszaki átalakítással hozzáférhetővé válnak a hagyományos APT-állomások számára is (WEFAX).

A műhold helyzete kedvező vételi viszonyokat teremt az Országos Meteorológiai Szolgálat pestlőrinci műholdvevő állomása számára. Az állomás műszaki továbbfejlesztése a WEFAX-adások vétele céljából megkezdődött.

Tänczer T.

*

A GLOBÁLIS MEGFIGYELŐ ALAPRENDSZER MUNKACSOPORTJÁNAK ÜLÉSE

A WMO Alaprendszerek bizottságának globális megfigyelő alaprendszer munkacsoportja 1978. március 13. és 23. között Genfben tartotta második ülését T. *Mohr* (MSZK) elnökletével. A munkacsoport tagjaként a magyar meteorológiai szolgálat részéről e sorok írója vett részt az ülésen.

A munkacsoport elnökének jelentése után, amely beszámolt a munkacsoportnak az Alaprendszerek bizottsága által az 1976-ban tartott ülésén meghatározott feladatok terén elért eredményekről, áttekintették a Meteorológiai Világszolgálatnak a globális megfigyelő rendszerre 1979-ig szóló tervét és az 1980—1983-as időszakra javasolt terveket. Megállapították, hogy a Meteorológiai Világszolgálat következő tervidőszakában még mindig a földfelszíni megfigyelő rendszer fogja játszani a főszerepet. Ugyanakkor az űrbázisú megfigyelő rendszer egyes műhold rendszerei: a kvázipoláris pályán keringő amerikai és szovjet műholdak, valamint az amerikai, japán, indiai és szovjet, továbbá az ESSA által üzemeltetett geostacionárius műholdak kvantitatív és képadatokat fognak szolgáltatni operatív rendszerben, és gyakorlatilag megvalósul az egész Föld műholdakról történő időjárási megfigyelése. A műhold rendszerek szolgáltatta adatok rendszeresen bekerülnek a globális távközlési alaprendszerbe és eljutnak minden meteorológiai szolgálathoz.

Megvitatták a globális megfigyelő rendszer kézikönyvének tervezetét, amely szerint a kézikönyv I. kötete mindazokat az általános szabályokat és eljárásokat tartalmazza, amelyeket a meteorológiai szolgálatoknak az egységes szervezés érdekében be kell tartaniok, a II. kötet pedig az egyes régiók sajátos eljárásait foglalja magában. A kézikönyv I. kötetét mellékletként a Technikai Szabályzathoz csatolják.

Kidolgozták az *adatfeldolgozó alaprendszer* munkacsoportjával közösen a minőségi ellenőrzési eljárások legfontosabb szabályait is; egy részüket az ülés szintén a kézikönyvhöz csatolta, de ugyanakkor a minőségi ellenőrzés-

re szolgáló további részletes szabályok kidolgozása mellett is állást foglalt.

A megfigyelő rendszerek legmegfelelőbb összetételének és a globális megfigyelő alaprendszerben új megfigyelési eljárások és módszereknek a tanulmányozásával *időszakos munkacsoportot* bíztak meg; ennek a kettős feladattal megbízott időszakos munkacsoportnak a vezetésére e sorok íróját kérték fel.

Összefoglalta a munkacsoport ülése a jelenleg használatos azon eljárásokat, amelyek révén az automata meteorológiai állomások jeleit meteorológiai paraméterekké alakítják át, a távközlési rendszerben történő továbbításra alkalmas formában. A jelentést az Alaprendszerek bizottságának soron következő ülésén megvitatásra előterjesztik.

Befejezésül megtárgyalta a munkacsoport a globális megfigyelő alaprendszer részéről az *első globális légköri kísérlet* sikeréhez — a megfigyelőrendszer alaptevékenységén kívül — történő hozzájárulás lehetőségét, s ennek érdekében a munkacsoport további programját többek között kibővítette az adatszegény területeken új repülőgépes időjárási megfigyelések, valamint a navigációs eljárások meteorológiai alkalmazásának tanulmányozásával. Végül felkérték a globális adatfeldolgozó alaprendszer munkacsoportját, hogy dolgozza ki a megfigyelési követelményeket a mezo-méretű és kisméretű időjárási jelenségekre.

Kapovits A.

*

SZAKÉRTŐI ÉRTEKEZLET A CSAPADÉKMÉRÉS MÓDSZERTANÁRÓL

A várnai Igazgatói Konferencián hozott ajánlásnak eleget téve, 1977. november 29—december 2. között rendezték meg Szófiában, a szocialista országok hidrometeorológiai és meteorológiai szolgálatai szakértőinek részvételével a csapadékmérés módszertanával foglalkozó értekezletet.

A vendéglátó bolgár szakembereken kívül csehszlovák, német és szovjet szakértők vettek részt a megbeszéléseken. A magyar meteorológiai szolgálatot *Szakács Györgyné* a KMI igazgatóhelyettese képviselte. A lengyel szolgálat „Az összehasonlító csapadékmérések vizsgálatának eredményeiről" c. beszámolót küldte személyes részvétel helyett. A román szolgálat igazgatósága pedig kérte az értekezlet teljes anyagának megküldését. Az üléssorozat megnyitásakor a résztvevőket a Bolgár Hidrológiai és Meteorológiai Intézet igazgatóhelyettese *V. Zahariev*, a fiz.-mat. tudományok kandidátusa üdvözölte. A résztvevő országok képviselői beszámoltak a hazájukban folyó csapadékmérés hibáinak vizsgálatával foglalkozó kutatásokról, valamint a csapadékmérés műszereinek és módszertanának tökéletesítését és egységesítését célzó méréssorozatokról.

A megbeszélések eredményeként az értekezlet megállapította, hogy e témában résztvevő valamennyi ország az utóbbi években kiszélesítette a kísérletek körét, de a legtöbb országban még nincs elég adat a szél okozta hibák pontosabb becsléséhez. Ezért minden országban további kutatást kell végezni nagy szélsebességekre vonatkozóan.

Az elhangzott előadások és az ezeket követő viták alapján a szakértőcsoport néhány javaslatot készített. Ezekben kérik a szocialista országok hidrometeorológiai szolgálatainak Igazgatói Konferenciáját, hogy irányozza elő a csapadékmérési módszerek tökéletesítésének problémájával kapcsolatos munkák folytatását, a kutatási program kibővítését és a szakértői csoport munkájának folytatását. Jelöljön ki egy országot e témában folyó munkák koordinálására s a kutatási program kiegészítésének kidolgozására. Bízza meg a szovjet hidrometeorológiai szolgálatot azzal, hogy dolgozza ki az elmúlt évek folyamán mért csapadékösszegek korrigálásának módszerét és küldje meg ezt a munkában résztvevő valamennyi szolgálatnak.

A szakmai értekezletek során mód nyílott arra is, hogy a bolgár csapadékösszehasonlító mérések színhelyét megtekintsék a résztvevők. Kirándulást is szerveztek számukra a Szófia közeli Vitosa-hegységbe, *V. Zahariev* igazgatóhelyettes pedig fogadást adott tiszteletükre.

Farkas A.

*

TÁVPROGNOSZTIKAI TANULMÁNYÚT ANGLIÁBAN

1978 márciusában a Kulturális Kapcsolatok Intézete és a British Council kéthetes tanulmányutat szervezett, amelynek keretében e sorok írója közvetlenül tanulmányozhatta az angliai Bracknellben az *Európai Középtávú Időjáráselőrejelző Központ*ban (ECMWF) és a brit *Meteorológiai Hivatal*ban (MO) folyó operatív és kutató tevékenységet. Az előbbinek feladatai két nagy témakör köré csoportosíthatók, nevezetesen numerikus középtávú előrejelző modellek kidolgozása és 4—10 napos előrejelzések készítése s ezek továbbítása a 17 európai tagország számára. E központ végleges helye Readingben lesz. A Meteorológiai Hivatal, amely magában foglalja a bracknelli regionális központot is, ultrarövid-, rövid- és középtávú előrejelzéseket készít a tengerészetnek, légiforgalomnak, a tömegkommunikációs szerveknek, valamint speciális prognózisokat a megrendelőknek. A regionális központ ezenkívül még nemzetközi feladatokat is ellát.

E két nagy intézményen kívül szerepelt a programban a látogatás először az *Imperial College of Science and Technology* légkörfizikai tanszékén — ahol J. S. A. *Green* professzor irányításával főleg zivatar, ill. viharvonal

(squall line) modellek vizsgálatával foglalkoznak —, majd pedig látogatás az angliai meteorológiai kutatások egyik fellegvárában, a Norwich-i *University of East Anglia* éghajlatkutató egységében. Itt a H. H. *Lamb* professzor vezette kutatások célja a beláthatatlan jelentőségűnek tartott éghajlatingadozások vizsgálata.

A tanulmányút befejező állomásán, az Edinburgh-i egyetem meteorológiai tanszékén D. H. *McIntosh* professzor ismertette a tanszék munkáját: Elsősorban mikrometeorológiai kutatásokkal foglalkoznak. Ugyanitt alkalmam volt résztvenni a *Royal Society of Edinburgh* és a *Royal Meteorological Society* által közösen rendezett szimpóziumon, amelynek témája a *hegység időjárása* volt, s amely erősen emlékeztetett a Magyar Meteorológiai Társaság vándorgyűléseire.

A szakmai program keretében a hat intézményben tett látogatás inkább széles skálájú áttekintésre, mint egy-egy témában való elmélyülésre adott alkalmat. Az egyes intézetek, egyetemi tanszékek munkájának alaposabb megismerését a magammal hozott publikációs és demonstrációs anyag áttanulmányozása teszi majd lehetővé. Mindenesetre az első benyomásom az volt, hogy Angliában az éghajlatingadozások kérdésére egyre nagyobb figyelmet szentelnek.

Koppány Gy.

*

A SUGÁRZÁSI ENERGIA ÉS A VILÁG ENERGIAIGÉNYE

A Magyar Meteorológiai Társaság Ankerközi székházában 1978. március 16-án „*A szoláris energia meteorológiai szempontból*" címmel nagy érdeklődéssel kísért előadást tartott *Dobosi* Zoltán tanszékvezető egyetemi tanár. Az előadás első részében a légkör által abszorbeált sugárzási energia és az emberiség energiatermelése közötti arányokról hallottunk. A világ energia igénye s vele együtt energia termelése számokban kifejezve ugrásszerű emelkedést mutat. A felgyorsult energiatermelés oly mérvű szennyeződést hozott magával, amely előrevetíti a földlégkör rendszer sugárzásháztartásának változását. Az emberiség számára korlátozott mértékben rendelkezésre álló fosszilis és fúziós energia-készletek újfajta energiaforrások kutatását sürgeti. Az előadó közvetlen utalással vetette fel a szoláris energia kihasználásának lehetőségeit, módozatait, mellyel korántsem élünk olyan mértékben, mint amennyire kézenfekvőnek látszik.

Az előadást több érdekes hozzászólás követte. Többen felhívták a figyelmet a tervszerűtlen, inkorrekt kísérletek veszélyeire is; az effajta kezdeményezések nagy körültekintést igényelnek, megvalósításuk előidézheti egy-egy természetes körzet klímájának megváltozását, melynek társadalmi és biológiai következményeivel is számolni kell. Szóba került a sugárzási energia „koncentrált felfogásának" technikai lehetősége, és az objektív korlátok, mivel a hozzánk érkező sugárzás a földrajzi hely, az év és napszak függvényében különböző intenzitású. Fölmerült a transzformálás, a gazdaságos tárolás és szállítás problémája is.

Reméljük, e jól felépített — témájában újszerű — előadást további hasonló előadás követi, s az előadó beszámol majd az *Időjárás* hasábjain is ez irányú kutatásairól.

Császár M.

*

A TUDOMÁNYOS KUTATÁSOKAT KOORDINÁLÓ MUNKACSOPORT VIII. ÜLÉSE

A szocialista országok Igazgatói Konferenciájának keretében működő Tudományos Kutatásokat Koordináló Munkacsoport (RGKNIR) VIII. ülésére 1978. április 18—21 között került sor Budapesten. Az ülésen a Bolgár Népköztársaság, a Német Demokratikus Köztársaság, a Mongol Népköztársaság, a Lengyel Népköztársaság, a Szovjetunió, a Csehszlovák Szocialista Köztársaság és a Magyar Népköztársaság meteorológiai szolgálatainak szakemberei vettek részt. Az ülést *Barát József*, az OMSZ elnökhelyettesének üdvözlőbeszéde nyitotta meg, majd a munka jelen sorok írójának elnökletével folytatódott.

Az ülés résztvevői áttekintették a szocialista országok meteorológiai szolgálatai között koordinált 16 téma kutatásának helyzetét és azok további eredményes művelése érdekében konkrét ajánlásokat dolgoztak ki részben a soron következő igazgatói konferencia, részben az egyes témákat irányító szolgálatok számára.

Az 1976-ban Várnában tartott VI. Igazgatói Konferencia direktiváinak megfelelően a Munkacsoport megvizsgálta újabb, közös érdekű és kollektív kutatómunkát igénylő témák felvételének lehetőségeit. Ennek eredményeként a Munkacsoport a következő témák koordinált kutatására tett javaslatot:

1. A légköri ózon térbeli és időbeli változékonyságának kapcsolata a légkör termikus és dinamikus szerkezetével;
2. Biometeorológiai kutatások;
3. Módszerek kidolgozása az időjárás középtávú (4—10 napos) előrejelzésére;
4. Az éghajlat változásának tanulmányozása.

A felsorolt első két téma kutatásának irányítására a Munkacsoport az NDK meteorológiai szolgálatát, az utóbbi két téma szervező szolgálatának ellátására a Szovjetunió hidrometeorológiai szolgálatát javasolta.

A szocialista országok meteorológiai szolgálatai közötti távlati tervezés és együttműködés tudományos megalapozásának előkészítésére az értekezlet külön szakértői csoport létesítésére tett javaslatot az Igazgatói Konferencia közvetlen felügyelete mellett.

Tekintettel a különböző szervezetek irányítása alatt álló közel azonos tematikájú kutatási feladatok szervezettebb összehangolására az értekezlet külön ajánlásokat dolgozott ki az igazgatói konferenciák és a szocialista országok tudományos akadémiái, továbbá a KGST kutatást-irányító szervei közötti együttműködésre. Ajánlást dolgoztak ki az 1981—1985 közötti tervidőszak koordinált kutatási programjának szervezeti előkészítésére is.

Bodolai I.

*

ELŐADÁS A MONSZUN '77 EXPEDÍCIÓRÓL AZ MMT-BEN

1978. március 2-án tartotta meg *Antal Emánuel* és *Simon Antal*, a magyar meteorológiai szolgálatnak a Monszun-'77 expedíción résztvett két munkatársa élménybeszámolójának második részét (előadásuk első része az MMT közgyűlése keretében hangzott el). Ez alkalommal az expedíció során meglátogatott nagyvárosok — Bombay, Colombo, Calcutta, Szingapur — bemutatása következett, saját készítésű diapozitívek kíséretében. A hallgatóság a színes fölvételek és a hozzájuk fűzött megjegyzések, élmények alapján betekintést nyert India és Kelet-Ázsia kulturális értékeinek tárházába, nagyvárosainak életébe, az ott lakók életmódjába és általános gazdasági helyzetükbe. A hallgatóságot ez az élménybeszámoló is meggyőzhette arról, hogy a nemzetközi összefogással végrehajtott globális légkörkutatási program s a légköri folyamatok mélyebb megismeréséért folyó grandiózus méretű kutatások közvetlenül szolgálják embermilliók élelmezési gondjainak megoldását is.

Szakály J.

*

AZ MMT RÓNA ZSIGMOND IFJÚSÁGI KÖRÉNEK ÜLÉSE

1978. március 8-án érdekes vitaindító előadást hallgatott meg a Róna Zsigmond Ifjúsági Kör, melyet *Czelnai* Rudolf, az OMSZ elnöke tartott „Modell és valóság" címmel. Az előadó részletesen elemezte a modellezés filozófiai, ismeretelméleti alapjait, majd felvázolta ezeknek a meteorológiai kutatások területén alkalmazható jellegzetességeit. Az előadást illusztráló diapozitívok segítségével betekintés nyílt a természetes és a laboratóriumi körülmények között fizikailag megvalósított modellek világába. Ennek nyomán a hallgatóság számára is világosan kirajzolódott, hogy a meteorológiai modellezés alapvető eszköze a számítógép. Erre a felismerésre több mint 30 évvel ezelőtt a magyar származású amerikai matematikus, *Neumann* János jutott el először. Az általa szervezett, több kiváló meteorológust tömörítő munkacsoport eredményeinek méltatását követően, az előadó a meteorológiai modellezés időszerű kérdéseit és a hazai elképzeléseket ismertette. Külön is említést érdemel az alapvetően új módszerekkel kapcsolatos állásfoglalása, valamint a konkrét problémák köréből a turbulencia-kutatás kiemelése.

Az előadást élénk vita követte, melynek során a hozzászólók a modellezés egyes általános elveit érintették, valamint a meteorológiai modellezés egyik fő céljának, az időjárás, illetve az éghajlati előrejelzéseknek néhány aktuális problémáját vetették fel.

Faragó T.

MEGJELENT

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

A NAPSUGÁRZÁS MAGYARORSZÁGON 1958—1972

Szerkesztette: Dr. Major György

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

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

A KÖZELMÚLTBAN MEGJELENT METEOROLÓGIAI SZAKKÖNYVEK

1. A METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT HIVATALOS KIADVÁNYAI:

XL. kötet: **A Balaton éghajlata — A Balaton térségének éghajlati jellegzetességei, hő- és vízháztartása, bioklímája** (Szerk.: BÉLL BÉLA és TAKÁCS LAJOS). Budapest, 1974. 316 B/5 lap. Ára vászonkötésben: 150,— Ft.

XLI. kötet: **A meteorológiai mezők statisztikai szerkezete** (Szerk.: CZELNAI, R., L. S. GANDIN, W. I. ZACHARIEW). Orosz és német nyelven. Budapest, 1976. 364 A/4 lap. Ára fűzve: 80,— Ft.

XLII. kötet: HAJÓSY FERENC, KAKAS JÓZSEF, KÉRI MENYHÉRT: **A csapadék havi és évi összegei Magyarországon a mérések kezdetétől 1970-ig.** Magyar és német nyelven. Budapest, 1975. 356 A/4 lap. Ára fűzve: 520,— Ft.

2. A METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT KISEBB KIADVÁNYAI:

42. szám: KOFLANOVITS ERIKA: **A csapadékmennyiség változékonyságának elemzése Közép-Európában** (Magyar és angol nyelven). Budapest, 1977. 72 B/5 oldal. Ára fűzve: 25, — Ft.

43. szám: N. DÁVID ARANKA: **Sugárzásháztartás a Fertő tavon** (Magyar és német nyelven). Budapest, 1977. 54 B/5 oldal. Ára fűzve: 25,— Ft.

*

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

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

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

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

78.0654 Athenaeum Nyomda, Budapest — Íves magasnyomás
Felelős vezető: Soproni Béla vezérigazgató

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

INDEX: 26 361

HU ISSN 0324—6329

IDŐJÁRÁS

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT HIVATALOS LAPJA

TARTALOM

Czelnai Rudolf: A légköri és a szoláris erőforrások kutatása és feltárása 185

Renoux, A.–Tymen, G.–Mészáros E.: Természetes légköri radioaktivitás 192

Práger Tamás: Hidrotechnikai módszer a Kárpát-medence időjárásának finomfelbontású előrejelzésére I. 200

Horváth László: A csapadékvíz kémiai összetétele és a légköri nyomanyagok depozíciója Budapesten 211

Anand Reddy, K.–Venkatachari, A.: Búzaállomány tényleges evapotranspirációja és ennek összefüggése a tapasztalati formulákra alapozott becslésekkel (angol nyelven) 225

Major György: Az új sugárzási skála és a világ sugárzási adatainak egységessége 230

Irodalom 233

Krónika 235

CONTENTS

Czelnai, R.: Research and exploration of atmospheric and solar resources 185

Renoux, A–Tymen, G.–Mészáros, E.: The natural radioactivity of the atmosphere 192

Práger, T.: A hydrodinamical method for the forecasting of weather conditions with high-degree resolution in the Carpathian Basin 200

Horváth, L.: The chemical composition of precipitation samples and the deposition of the trace constituents in Budapest 211

Anand Reddy, K.–Venkatachari, A.: Actual evapotranspiration from wheat crop and its relationship with estimates based on empirical formulae (English text) 225

Major, G.: The new radiation scale and the uniformity of the world's radiation data 230

Literature 233

Chronicle 235

82. ÉVF. ★ 4. SZÁM ★ 1978. JÚLIUS—AUGUSZTUS

IDŐJÁRÁS

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

SZERKESZTŐ BIZOTTSÁG – EDITORIAL BOARD:

AMBRÓZY P. (Budapest)
ANTAL E. (Budapest)
BAUR, F. (Bad Homburg)
BESSEMOULIN, M. J. (Paris)
BOSSOLASCO, M. (Genova)
BÖHME, W. (Potsdam)
BUDYKO, M. I. (Leningrad)
ČADEŽ, M. (Beograd)
DAVITAJA, F. F. (Tbiliszi)
DONEAUD, A. (Bucuresti)
GÖTZ G. (Budapest)
GULYÁS O. (Budapest)
KONČEK, M. (Bratislava)
LOGVINOV, K. (Kijev)
MÄDE, A. (Halle/Saale)
MÉSZÁROS E. (Budapest)
VAN MIEGHEM, J. (Bruxelles)
NGUYEN-XIEN (Hanoi)
OKOLOWICZ, W. (Warszawa)
PASZINSKY, J. (Warszawa)
PÉCZELY GY. (Szeged)
RADINOVIĆ, D. (Beograd)
RÁKÓCZI F. (Budapest)
ŠAMAJ, F. (Bratislava)
STEINHAUSER, F. (Wien)
STELCZER K. (Budapest)
SZEPESI D. (Budapest)
TAKEUCHI, K. (Tokio)
TUVDENDORZS, D. (Ulan-Bator)
VARGA-HASZONITS Z. (Budapest)
VITEK, V. (Praha)
WHITE, R. M. (Rockville)

ELNÖK – CHAIRMAN OF THE EDITORIAL BOARD:
BODOLAI I. (Budapest)

SZERKESZTŐ – EDITOR: LŐRINCZ ANNA (Budapest)

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

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meterológiai Szolgálat folyóirata 82. évf. 4. szám. 1978. július—augusztus
Journal of the Meteorological Service. Vol. 82. No 4. July—August 1978 Budapest

A légköri és szoláris erőforrások kutatása és feltárása*

CZELNAI RUDOLF, *Országos Meterológiai Szolgálat, Budapest*

Research and exploration of atmospheric and solar resources. In the programme of the 1978 General Assembly of the Hungarian Academy of Sciences the research programme „Research and exploration of natural resources in Hungary" played a significant part. The different types of natural resources as, well as the branches of science dealing with them were discussed in a series of representative papers. The present paper shows the contribution of meteorology to this field of research. The atmospheric and solar resources are ranged with four groups according to the way of their exploration: 1. *Optimum adaptation* to the atmospheric and solar environmental conditions and the meteorological services facilitating it (climatological information, forecasts). 2. *Direct exploration* of natural resources (power production, agricultural production etc.) . 3. Modification of atmospheric processes (hail suppression, frost forecast and defence etc.) 4. *Protection* of the atmospheric environment.

⁂

Исследование и вскрытие атмосферных и солнечных ресурсов. В программе Генеральной Ассамблеи Академии Наук ВНР 1978 года значительное место заняло обсуждение одного из главных направлений исследований: «Исследование и вскрытие природных ресурсов Венгрии». В серии представительных докладов рассматривались различные виды природных ресурсов и изучающие их отрасли науки. В настоящем докладе обсуждается вклад, вносимый в эти исследования метеорологической наукой. Атмосферные и солнечные ресурсы анализируются здесь в подразделении их на четыре группы по способу их использования: *1) Оптимальные приспособление* к атмосферным и солнечным условиям окружающей среды и способствующее ему метеорологическое обеспечение (климатические информации, прогнозы). *2) Непосредственная эксплуатация* солнечных и атмосферных ресурсов (производство энергии, сельскохозяйственное производство и т. п.). *3) Активное воздействие* на атмосферные процессы (борьба с градом, защита против заморозков и т. д.). *4) Охрана* окружающей среды.

⁂

Tudományos ülésszakunk tárgya az ország különböző fajta természeti erőforrásainak kutatása és feltárása. Úgy vélem e tárgyhoz meghatározott fogalmak, közgazdasági vélekedések, sőt előítéletek is kapcsolódnak, és amikor megjelenik egy előadó, aki *légköri és szoláris erőforrásokról* akar beszélni, biztosan felvetődik a kérdés a hallgatóság körében, hogy *lehet-e szó egyáltalán légköri erőforrásokról?* Először tehát erre szeretnék válaszolni.

Induljunk ki abból, hogy ami korlátlan mennyiségben áll rendelkezésre mindenhol a Földön, s minden ember számára bármikor, tetszés szerint elér-

*Előadás, elhangzott az MTA 1978. évi közgyűlésen, 1978. május 12-én.

hető „ingyen jószág", az a gazdasági megfontolások szempontjából valóban érdektelen.

Ezzel szemben azt hajlandók vagyunk elfogadni, hogy a természet azon javai, amelyekről kiderül, hogy mennyiségük nem korlátlan (pl. víz, szénhidrogének stb.), vagy előfordulásuk helyhez és időhöz kötött, fontos gazdasági tényezővé válhatnak. Más szóval: azt elismerjük, hogy a monopolizálható természeti adottságok *komparatív előnyöket* biztosíthatnak és ezek révén az olyan ország, amelyik effajta adottságokat birtokol, járadékot élvezhet.

Ha tehát azt kérdezzük, hogy mennyiben tekinthetők a légkör anyagai, tulajdonságai és folyamatai természeti erőforrásoknak, lényegében arra keressük a választ, hogy vajon korlátlan mennyiségben állanak-e ezek rendelkezésre, pontosabban: korlátlanul vehetők-e igénybe és egyforma körülményeket biztosítanak-e az egyes termelési ágak tevékenységéhez a Föld bármely pontján? Ha a válasz az lesz, hogy nem, akkor egyenes út vezet a következtetéshez: a légkör adottságai is monopolizálhatók (legalábbis részben), s így hasonló szerepet játszanak, mint más természeti erőforrások.

Az első kérdés tehát arra vonatkozott, hogy korlátlannak tekinthetjük-e a légkör javait, illetőleg korlátlanul vehetők-e ezek a javak igénybe, s korlátlan-e a terhelhetőségük? — Pár éve ez a kérdés még fel sem merülhetett, de ma már fel kell tennünk. A légkör a Földet vékony hártyaként borítja (össztömegének fele 5 km alatt helyezkedik el) és e vékony réteget az ember tevékenysége több módon is veszélyeztetni tudja: a növekvő széndioxid szennyezés, a koncentrált energiafelhasználásból eredő termális szennyezés, a földhasználat új módjaiból eredő felszínváltozás, a szárazföldi és óceáni természetes biomassza károsítása révén a légkör „homeosztázisának" esetleges megbomlása, mind olyan tényezők, amelyek *irreverzibilis* éghajlatváltozásokat indíthatnak el. A fejlődés különféle mutatóinak exponenciális jellege folytán igen hamar juthatunk olyan helyzetbe, amelyben a lehetséges veszélyek már reális veszélyekké válnak. Így tehát a légkör javaival az emberiségnek — globális méretekben — gazdálkodnia kell. Ez a gazdálkodás a nemzetek között érdekellentéteket okozhat és érdekegyeztetést tesz szükségessé. A tudomány távlati feladata ezzel kapcsolatban az, hogy segítse elő az optimális kompromisszumok felismerését és majdani biztosítását.

A második kérdés — amelynek közvetlen gyakorlati konzekvenciái már a jelenben mutatkoznak, arra vonatkozott, hogy bizonyos légköri- és szoláris adottságok mennyiben monopolizálhatók? Tehát a kérdés az, hogy ezek az adottságok időben és térben mennyire változékonyak és változásaik mennyire érintik az egyes országok gazdasági tevékenységét?

Ez voltaképpen csak szónoki kérdés, mert mindenki számára közismert, hogy az élelmiszertermelés alapját képező primér növényi produkció — amelynek fontossága napjainkban óriási mértékben növekszik — nagyban függ az ökológiai tényezőktől és ezek között a légköri és szoláris feltételektől. Az éghajlati adottságok országok közötti igen markáns eltérései meghatározzák, hogy mely országok egyáltalán mit termelhetnek, pl. tudnak-e gabonát exportálni, vagy pedig behozatalra szorulnak.

Kevésbé közismert, de ma már tények által bizonyított, hogy a korszerű mezőgazdasági technológiák bevezetésével nem csökkent a mezőgazdaság ökológiai tényezőkre való érzékenysége. Sőt, bizonyos értelemben ez az érzékenység növekedett. Egyrészről ugyan az emberi tényezőkben rejlő tartalék mindenkor ad bizonyos lehetőséget az ökológiai tényezők által okozott veszte-

ségek csökkentésére, s az áldozatvállalás néha valóban csodákat művel. Ezzel szemben tudomásul kell vennünk, hogy a kemizálás, gépesítés, valamint vetőmag-nemesítés révén elért káprázatos termésnövekedés pár éven belül megközelíti azt a szintet, ahol már az ökológiai feltételek *limitáló faktorok*ként jelennek meg. Az is kiderült, hogy az ökológiai tényezőkre való érzékenység nem korlátozódik a primér növényi produkcióra, hanem áthatja az *élelmiszer-lánc* egészét, tehát a termelést, szállítást, raktározást, feldolgozást és világpiaci értékesítést. Ebben a vonatkozásban az a különösen figyelemre méltó, hogy a világpiaci árak alakulása egyre inkább az éghajlatingadozások függvényének bizonyul — bár a piaci manipulációk e mellett nyilván szerepet játszanak.

Mindezek miatt ma sokan úgy fogalmaznak, hogy az élelmiszertermelés fejlesztésében az *ökológiai információ* részben kezdi átvenni azt a szerepet, amelyet eddig a „kézzel fogható" eszközök (gép, műtrágya, hibrid vetőmag stb.) lehetőségeinek kiaknázása játszott.

A mezőgazdasági vonatkozásokon túlmenően természetesen hangsúlyozni kell, hogy a légköri és szoláris tényezők az ipari és infrastruktuális ágazatokat is befolyásolják. Egyre több tapasztalat jelzi, hogy a különféle iparágak hatékonysága is összefügg a légköri adottságokkal: pl. a levegő tisztasága, pormentessége éppen egyes olyan üzemek számára a legfontosabb, amelyek a legkorszerűbb technikát képviselik (ezek között említhető pl. az integrált áramkörök gyártása). Másrészről ismert, hogy egyes szabadtéri elhelyezésű vegyi üzemek (pl. Dunai Kőolajipari Vállalat) érzékenyek a hőmérsékleti és légáramlási viszonyokra; másokat a levegő nedvessége befolyásol, stb.

Az említettekből kitűnik, hogy az ésszerű gazdasági fejlesztés érdekében olyan alternatívákat lehet összevetni, amelyek a légköri adottságokból származó járadékok tekintetében egymástól jelentősen eltérhetnek. Ezek a járadékok számokban kifejezhető *gazdasági választ* adnak az olyan kérdésekre, hogy milyen gazdasági tevékenységet hol érdemes folytatni.

*

Ezután szeretnék áttérni annak rövid bemutatására, hogy jelenlegi felfogásunk szerint milyen konkrét kutatási feladatok várnak megoldásra a légköri és szoláris erőforrásokkal kapcsolatban. Ezek olyan kutatási feladatok, amelyek a hazai meteorológiai kutatások terveiben eddig is többnyire helyet kaptak. Most talán a különbség csak az, hogy a jelentőségüket jobban átérezzük.

A kutatási feladatok alábbi csoportosításakor arra törekedtem, hogy olyan fő témaköröket határozzak meg, amelyek a *felhasználók* szempontjai szerint, a felhasználás módja tekintetében különíthetők el egymástól. Azt kérdeztem tehát, hogy az egyes kutatások eredményeinek társadalmi, gazdasági hasznosítása milyen módon történik? Összesen négyféle, alapvetően eltérő hasznosítási módot tudtam megkülönböztetni. Ezek a következők:

a) A társadalmi és gazdasági tevékenység légköri és szoláris tényezőkhöz való *optimális alkalmazkodása*, amihez a meteorológiai előrejelzések és éghajlati információk adnak segítséget;

b) Egyes légköri és szoláris tényezők *energiaforrásként* való közvetlen kiaknázása;

c) Káros légköri folyamatok *aktív módosítása;*

d) S végül a *légköri környezet védelme.*

Vegyük ezeket sorra:

a) A légköri és szoláris tényezőkhöz való *optimális alkalmazkodás* azokat a légköri tényezőkre közvetlenül vissza nem ható (tehát ilyen értelemben passzív) gazdasági és társadalmi elhatározásokat, terveket, operatív üzemi intézkedéseket stb. jelenti, amelyek lehetővé teszik a társadalom számára az éghajlati adottságokban rejlő komparatív előnyök maximális kihasználását. Ezekhez a társadalmi elhatározásokhoz a meteorológusoknak kell biztosítaniuk az éghajlati adottságok precíz számbavételét és a különböző időskálájú légköri változások előrejelzését. Az ilyen típusú előrejelzések és feltáró kutatások a meteorológia hagyományos szolgáltatásai, de mindenki egyetért abban, hogy további fejlesztésre szorulnak.

Az e szolgáltatásokkal kapcsolatban felmerülő kutatási feladatok az éghajlati rendszer különböző időskálájú változásainak és azok gazdasági, társadalmi hatásainak feltárásából indulnak ki. E vizsgálatok eddigi adatai és a nemzetközi összevetések azt jelzik, hogy a légkörben lezajló folyamatok a gazdasági tevékenységet kb. a nettó nemzeti termelés 5—10%-ában befolyásolják. Míg az ipar területén mutatkozó közvetlen hatások az 1%-ot sem érik el, a mezőgazdaság, a közlekedés, az építőipar, az energiagazdálkodás és a vízgazdálkodás területén a 30%-ot is meghaladhatják. Mindezek a hatások a korszerű gazdaságban halmozottan jelentkeznek és így közvetve az ipari ágazatokra is visszahatnak. Magasan fejlett infrastruktúrájú gazdaságokban a váratlanul bekövetkező időjárási események pl. a szervezettség és kooperáció megzavarása által is rendkívüli károkat okozhatnak.

A vázolt káros időjárási hatások csökkentése és a kedvező éghajlati feltételekben rejlő komparatív előnyök maximális kihasználása érdekében az alábbi meteorológiai kutatási feladatok azok, amelyeket kiemelten kezelünk:

- Az élet- és vagyonvédelmet, valamint a szárazföldi és légi közlekedés biztonságát veszélyeztető időjárási jelenségek (köd, felhőalap, látástávolság, jegesedés, szélvihar, hófúvás, fagy, ónos eső, jégeső stb.) marginális küszöbértékeinek előrejelzésére szolgáló eljárások fejlesztése.
- A csapadék mennyiségi előrejelzésére szolgáló előrejelzési technikák fejlesztése, különös tekintettel az árvízvédelem céljaira.
- A mezőgazdasági termelést befolyásoló időjárási jelenségek (talajnedvesség, fagy, párolgás stb.) objektív előrejelzési eljárásainak kifejlesztése országos méretű mezőgazdasági szaktanácsadás és kárelhárítás céljaira.
- A természetes és mesterséges eredetű szennyezőanyagok terjedésének előrejelzésére szolgáló eljárások kidolgozása és fejlesztése.
- Az ultrarövidtávú speciális előrejelzések technikájának bővítése, ezen eljárások tudományos és technológiai megalapozása, országos légköri veszélyjelző rendszer és szolgálat kifejlesztése az azonnali beavatkozást igénylő népgazdasági döntések céljaira.
- Az időjárás középtávú (3—10 napos) előrejelzésére szolgáló külföldi eljárások adaptálása operatív (üzemi szintű) gazdasági döntések céjaira.
- A légköri transzport-folyamatok modellezése: a légköri vízháztartás összetevőinek komplex elemzése az ország térségében, figyelembe véve a légnedvességforgalom Európa fölötti vizsgálatát célzó nemzetközi programok célkitűzéseit és eredményeit.
- Az éghajlati rezsim alapelemeinek komplex statisztikai vizsgálata a hosszú távú népgazdasági tervezés céljaira szolgáló éghajlati előrejelzések kifejlesztése érdekében.
- Az esetleges éghajlati-változások, éghajlatingadozások lehetőségeit feltáró

nemzetközi méretű kutatások eredményeinek és népgazdasági-világgazdasági következményeinek elemzése.

b) A *második nagy problémakör* azzal kapcsolatos, hogy egyes légköri és szoláris tényezők *közvetlenül kiaknázható energiaforrásként* jöhetnek számításba. Ilyen pl. a *napenergia* és a *szélenergia*. A nemzetközi tendenciákat figyelembe véve aligha volna menthető, ha ezeket az energiaforrásokat teljesen figyelmen kívül hagynánk. Az e témakörben folytatandó kutatások célja az idetartozó két legfontosabb energiaforrás: a napenergia és a szélenergia hasznosítási lehetőségeinek feltárása, beleértve a legalapvetőbb műszaki kérdéseket is. A lehetőségek megismerésének első lépcsőfoka mindkét energiafajta esetében a hazai adottságok felmérése: így a napenergia esetén az éves összeg, annak idő- és térbeli eloszlása, a beesési szög és a spektrális összetétel változása stb., míg a szélenergia esetében legalapvetőbb a légköri turbulens határréteg viszonyainak: a szélsebesség területi, időbeli és vertikális változásainak, a hasznosítható sebesség-intervallumokra képzett energia-arányos szintek időbeli és térbeli eloszlásának ismerete. A téma keretében megoldandó feladatok:

- Az ország területére jutó rendszeres napenergia-bevétel felmérése; a sugárzási egyenleg komponenseinek időbeli és térbeli statisztikai elemzése és az egyes komponensek spektrális összetételének feltárása.
- A légkör sugárzási energiaforgalmának vizsgálata műholdas sugárzási adatok és a külföldi sugárzási hálózatok adatai alapján a Föld-légkör rendszer sugárzási energiaforgalmának feltárása céljából.
- A spektrum különböző részein érkező napenergia hasznosításának elemzése az új mezőgazdasági termesztés-technológiai eljárások hatásfokának emelése céljából.
- A napenergia közvetlen energiatermelési hasznosíthatóságának komplex (meteorológiai-műszaki-gazdasági) elemzése a nemzetközi szakirodalom alapján a hazai perspektivikus hasznosítás szem előtt tartásával.
- Az ország szélenergia viszonyainak felmérése; a hasznosítható szélenergia-szintek tartamgyakoriságainak meghatározása a légköri határrétegben.
- A szélenergia közvetlen energia-termelési hasznosíthatóságának komplex (meteorológiai-műszaki-gazdasági) elemzése.

c) A harmadik kérdéscsoport egyes *káros légköri folyamatok aktív módosításával kapcsolatos*. A korszerű meteorológiai technológia már legalábbis reményt kelt arra, hogy ilyen feladatok megoldására képessé válhatunk. A jégeső elhárítás hazánkban is adaptált szovjet módszere a bátorító példák között említhető. (A mezőgazdasági jégkárok miatt kifizetett biztosítási kártérítések évente 1–1,5 mrd Ft-ot érnek el és a tényleges károk még ennél is nagyobbak, mert nincs minden terület biztosítva.) Az OMSZ Baranya megyei kísérleti rakétás jégeső-elhárító rendszere 1976-ban, s különösen 1977-ben sikeres éveket zárt: az összes beruházási költségek máris amortizálódtak és a becsült megtakarítások ezen felül az üzemeltetési költségeket is bőven fedezték.

Jelenleg előkészítés alatt áll egy nagyskálájú mezőgazdasági fagyvédelmi kísérlet beindítása, amely jelentőségében az előbbi programhoz hasonló. További aktív időjárásmódosító lehetőségként vehető számításba a csapadékmennyiség lokális növelése, valamint a lokális ködoszlatás. Ilyen hazai kísérletekre azonban csak néhány év múlva kerülhet sor. A hazai kutatások időszerű feladatai e témakörben az alábbiak:

- A jelenleg folyó jégeső elhárító beavatkozások hatékonyságának vizsgálata.
- Az aktív jégeső elhárító beavatkozások továbbfejlesztése céljából felhő-

dinamikai és mikrofizikai vizsgálatok, új reagens anyagok bevezetése és a beavatkozási technika hatékonyságának emelése érdekében.
- A mesterséges csapadéknövelő beavatkozások terén folyó nemzetközi kutatások és kísérletek figyelemmel kísérése és a kidolgozott módszerek esetleges hazai adaptációjának előkészítése.
- A ködoszlató beavatkozások fejlesztése céljából végzett nemzetközi kutatások és kísérletek figyelemmel kísérése és a kidolgozott eljárások esetleges hazai adaptációjának előkészítése.
- Módszertani vizsgálatok körzetesített fagyprognózisok kidolgozása és fejlesztése céljából.
- Az aktív fagyvédelmi célokra használt permetező, ventillációs, ködképző, takarási, füstölési eljárások hatékonyságának összehasonlító elemzése.
- A fagyok elleni inaktív védekezéshez szükséges meteorológiai szaktanácsadás módszereinek fejlesztése.
- A fagyvédelmi beavatkozások gazdasági hatékonyságának elemzése.
- Mikro-terek klímájának módosítására irányuló mikroklimatológiai és energetikai vizsgálatok.
- Lakott területek mikroklímájának módosítására vonatkozó javaslatok kidolgozása és a kísérletek eredményeinek meteorológiai értékelése.
- Mezőgazdasági területek mikroklímájának módosítására vonatkozó javaslatok kidolgozása és a kísérletek eredményeinek meteorológiai értékelése.

d) Végül, a *légköri környezet védelmével* kapcsolatos meteorológiai kutatások képezik a negyedik kérdéscsoportot. Igen fontos annak belátása, hogy eredményes környezetvédelem csak a természeti erőforrások ésszerű hasznosításának szélesebb feladatkörén belül képzelhető el.

A feladatok megoldását nehezíti, hogy a légkörben a szennyező anyagok nagy utakat tesznek meg, hatásaik az eredet helyétől esetleg távol és transzformáltan jelentkeznek. *A meteorológiai tudománynak jutott az a feladat, hogy a légszennyeződés alakulását világméretekben figyelje és ellenőrizze és az is, hogy a légkörben lezajló transzport folyamatokat elemezve konkrét javaslatokat dolgozzon ki a szükséges intézkedések megtételére.* Mivel azonban a légkör az általa szállított szennyezőanyagokat általában igen hamar átadja a természeti környezet más alrendszereinek (víznek és talajnak), azért e kutatásokat szorosan kell koordinálni a más környezeti tudományok területén folyó vizsgálatokkal.

A kutatások legfontosabb célja a levegő és csapadékvíz nyomanyag-tartalmának folyamatos megfigyelése alapján széles nemzetközi összehasonlításban is elemezni a légköri háttérszennyezés szintjének alakulását és a hazai és külföldi eredetű mesterséges légszennyeződések regionális terjedési folyamatait. E vizsgálatokra épülően ki kell dolgozni a hazai légtér várható szennyezettségének hosszú távú prognózisát különféle európai és hazai gazdaságfejlesztési alternatívák esetére. A kutatási eredményeket úgy kell összefoglalni, hogy nagy horderejű gazdasági döntések meghozatalánál figyelembe vehetők legyenek.

A kiemelt kutatási feladatok e téren az alábbiak:

- A nyomanyag-körforgalom antropogén módosulásainak vizsgálata, különös tekintettel a regionális változásokra.
- A globális éghajlati rendszerre gyakorolt antropogén hatások esetleges következményeinek (éghajlatváltozások, ózon-pajzs gyengülése, stb.) figyelemmel kísérése.
- A légszennyező anyagok térbeli és időbeli koncentráció-változásainak leírása.

– Modellek kidolgozása, amelyek alapján egy adott hely szennyezettségi szintje a hazai és külföldi források erősségével hozható összefüggésbe.
– A kidolgozott modellek segítségével a hazai légtér várható szennyezettségének hosszú távú prognózisa különféle európai és hazai gazdaságfejlesztési alternatívák esetére.

⁂

A fentiek rövid vázlatát adják annak a kutatási programnak, amellyel a hazai meteorológiai kutató bázisok az ország természeti erőforrásainak kutatásába és feltárásába való bekapcsolódásukat tervezik. Ez a meteorológus közösség hozzájárulása ahhoz a részben új koncepciójú, tartalmában átfogóbbá váló, s nyilvánvalóan növekvő társadalmi, gazdasági fontosságú kutatási programhoz, amely az erőforráskutatási főirány keretei között az érintett társtudományok összehangolt (s a jövőben még inkább összehangolódó) tevékenységét meghatározza. Kutatási programjavaslatunk egyúttal állásfoglalás is, amellyel az erőforráskutatási főirány új koncepcióját támogatni kívánjuk.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meterológiai Szolgálat folyóirata, 82. évf. 4. szám. 1978. július—augusztus
Journal of the Meteorological Service, Vol. 82. No 4. July—August 1978 Budapest

Természetes légköri radioaktivitás

ANDRÉ RENOUX, GEORGES TYMEN, *Aeroszol-fizikai és Légköri Radioaktivitási Laboratórium, Brest (Franciaország)* és MÉSZÁROS ERNŐ, *Központi Légkörfizikai Intézet, Budapest*

The natural radioactivity of the atmosphere. The results obtained during the study of the natural atmospheric radioactivity is shortly reviewed mainly on the basis of research done by French workers. Our knowledge about the soil origin natural radioactivity as well as about its atmospheric concentration is summarized. Further the problem of radioactive ions and the size distribution of natural radioactive compounds attached on aerosol particles are discussed. Finally the main characteristics of the radioactive isotopes due to the cosmic radiation are also mentioned.

⁂

Естественная радиоактивность атмосферы. В работе дается короткий обзор результатов изучения естественной радиоактивности атмосферы, в основном по исследованиям, проведенным в Франции. Подводятся итоги познаний в отношении происхождения радиоактивности на почве, а также результатов измерений концентраций радиоактивных веществ в атмосфере. Особое внимание уделяется при этом проблеме радиоактивных ионов в атмосфере и распределению радиоактивных аэрозольных частиц по величинам. Коротко затрагивается вопрос об атмосферных изотопах, образующихся на воздействие космического излучения.

⁂

1. *Bevezetés*

A levegő természetes radioaktivitása részben a földkéregben levő ásványok radioaktivitásának, részben a légköri gázok és a kozmikus sugarak kölcsönhatásának köszönhető.

A természetes radioaktív elemek légköri koncentrációjának ismerete számos szempontból fontos. A légkörfizika és a gyakorlati élet területéről elsősorban a következő példák említhetők.

- A mesterséges radioaktív elemek által okozott szennyeződést a természetes radioaktivitás szintjéhez kell viszonyítani.
- A radon származékok felhasználásával tanulmányozni lehet a légkör egyensúlyi állapotát. A természetes radioaktivitás segítségével meghatározható a levegő diffúziós állandója egészen a tropopauza fölötti magasságokig, valamint tanulmányozható a nyomanyagok csapadék általi kimosódása.
- A radioaktív termékek légköri koncentrációjának meghatározása útján ítéletet mondhatunk a kérdéses talaj összetételéről, sőt lokalizálhatjuk az urániumot tartalmazó érceket.

– A légköri radioaktivitás mérésére szolgáló eljárások felhasználhatók az urániumbányák levegőjének tanulmányozására, elősegítve ily módon a megfelelő sugárvédelmi eljárások kifejlesztését.

Így érthető, hogy az utóbbi 25 év alatt a természetes légköri radioaktivitás tanulmányozása a légkörfizika fontos részévé vált.

2. *A természetes légköri radioaktivitás eredete*

2.1. *A talajeredetű radioaktivitás.* A természetben három radioaktív család található. Legfontosabb jellemzőiket az *I. táblázat* tartalmazza.

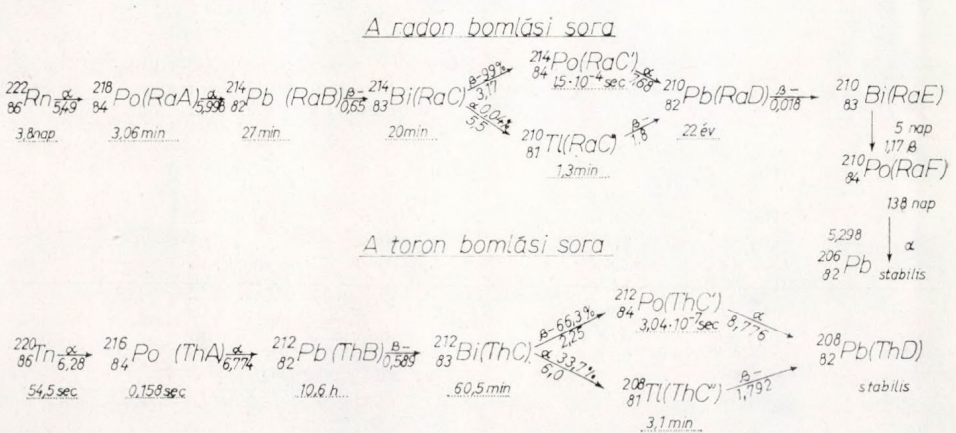
I. TÁBLÁZAT

A természetes radioaktív családok jellemzői

Anyaelem	Végső stabilis atommag	Az anyaelem közepes élettartama (években)
Tórium ^{232}Th	^{208}Pb	$1{,}39 \cdot 10^{10}$
Uranium-Radium ^{238}U	^{206}Pb	$4{,}5 \cdot 10^{9}$
Aktinium ^{235}U	^{207}Pb	$7{,}13 \cdot 10^{8}$

Ezt a típusú radioaktivitást a különböző talajokban, kőzetekben és építkezési anyagokban (kő, beton, tégla stb.) levő kis mennyiségű uránium és tórium okozza. Bomlásuk során három, nemesgáz jellegű radioaktív elem keletkezik: így a ^{232}Th-ból a toronnak nevezett ^{220}Tn (^{220}Rn) származik, az ^{238}U a radont (^{222}Rn) szolgáltatja, míg az ^{235}U bomlása aktinon (^{219}An) keletkezéséhez vezet. Az urániumot és tóriumot tartalmazó, kőzetekben keletkezett radioaktív gázok egy része a levegőbe kerül, ahol elbomlanak és szilárd halmazállapotú elemek atomjait hozzák létre. Megemlítjük, hogy a nagyvárosi levegő radon tartalmának egy része a széntüzelésnek köszönhető.

Figyelembe véve, hogy az aktinon felezési ideje nagyon rövid (3,92 sec), valamint hogy légköri koncentrációja igen kicsi, az aktinonból származó radioaktivitás a radon és a toron bomlástermékeihez képest gyakorlatilag elhanyagolható.



1. ábra: A radon és a toron radioaktív bomlási sora

Az *1. ábra* a radon és a toron bomlási sorát mutatja be. Az ábrán a leányelemek tartózkodási idejét is feltüntettük. A nyíl alá írt számok a bomlás folyamán kibocsátott α vagy β részecske energiáját MeV-ban kifejezve adják meg.

II. TÁBLÁZAT

A radon és toron koncentrációjának relatív változása a magasság függvényében

Radon			Toron		
A talaj szintjénél		100 %	A talaj szintjénél		100%
Magasság:	1 m	95 %	*Magasság:*	5 m	70 %
	10 m	87 %		10 m	50 %
	100 m	69 %		50 m	55 %
	1000 m	38 %		100 m	0,5 %
	7000 m	7 %			

A radioaktív gázok légköri koncentrációja a magasság növekedésével csökken. Ezt a csökkenést a *II. táblázat* számértékei alapján ítélhetjük meg.

Ha a radon és a toron elbomlik, akkor rendre $^{218}_{84}$Po (RaA), illetve $^{216}_{84}$Po (ThA) atom keletkezik, amelyek csaknem mindegyike pozitív elektromos töltésű (Renoux, 1965). Föltételezve, hogy a keletkezett atomok mozgékonysága jelentős, viszonylag gyorsan légköri aeroszol részecskék felületére rakódnak. Általában, még az aeroszol részecskékre való lerakódás előtt a RaA és ThA elbomlik és belőlük ^{214}Pb (RaB), ^{214}Bi (RaC), illetve toron esetén ^{212}Pb (ThB) és ^{212}Bi (ThC) keletkezik. A RaC bomlása RaD-t eredményez, amelynek a felezési ideje igen nagy (22 év). A RaD (^{210}Pb) tartalmú aeroszol részecskék száraz vagy nedves ülepedéssel kikerülnek a levegőből, ily módon a radon hosszú élettartamú származékainak (RaD, RaE, RaF) légköri koncentrációja igen alacsony. A toronból végül is ThD (^{208}Pb) jön létre, amely már nem radioaktív, stabilis elem.

III. TÁBLÁZAT

A kozmikus sugárzás hatására keletkező legfontosabb légköri izotópok jellemzői

Elem	Felezési idő	Légköri keletkezési sebesség [atom/cm³ s]	Troposzferikus koncentráció [bomlás/kg. min]
^{3}H	12,3 év	0,25	7.10^{-2}
^{14}C	5568 év	1,8	7,6
^{7}Be	53 nap	$8{,}1.10^{-2}$	0,63
^{10}Be	$2{,}7.10^{6}$ év	$4{,}5.10^{-2}$	7.10^{-8}
^{22}Na	2,6 év	$5{,}6.10^{-5}$	$6{,}7.10^{-5}$
^{32}P	14,3 nap	$8{,}1.10^{-4}$	$1{,}4.10^{-2}$
^{32}Si	500 év	$1{,}6.10^{-4}$	$1{,}2.10^{-6}$
^{33}P	25 év	$6{,}8.10^{-4}$	$7{,}6.10^{-3}$
^{35}S	88 év	$1{,}4.10^{-3}$	$7{,}8.10^{-3}$

2.2. *Kozmikus sugarak hatására keletkező természetes radioaktivitás.* A kozmikus sugárzás hatására egyes légköri gázokból radioaktív elemek keletkeznek.

Ezek közül a legnagyobb mennyiségben keletkezők tulajdonságait a *III. táblázat* tartalmazza.

A kozmikus sugárzás következtében keletkező radioaktív koncentráció sokkal kisebb, mint a radon és toron származékok koncentrációja. Így a légkör alsó része természetes radioaktivitásának csupán elhanyagolható részét adják (Renoux és Madelaine, 1973), ezért a továbbiakban tanulmányunkban a talajeredetű radioaktivitás taglalására szorítkozunk.

3. *A légkör természetes radioaktivitása és ion-egyensúlya*

Jelöljük q-val a levegő 1 cm³-ében 1 sec alatt keletkező kis ionok számát. Ezt a mennyiséget, amely a légköri elektromosság egyik alapvető paramétere, ionizációs intenzitásnak nevezzük. A *IV. táblázat* e tényező Franciaországban

IV. TÁBLÁZAT

A talajeredetű radioaktív, illetve kozmikus sugárzás ionkeltő hatása a talaj közelében Franciaország két városában

	Saclay	La Hague
α	2	1 ion-pár/cm³.s
β	0,8	2,5 ion-pár/cm³.s
γ	4,3	3,65 ion-pár/cm³.s
kozmikus sugárzás	1,7	1,7 ion-pár/cm³.s

mért értékeit adja meg. A méréseket *Grevet* (1965) végezte 1963 és 1965 között két állomáson, a talaj közelében. Az adatok alapján azt mondhatjuk, hogy átlagosan a levegő 1 cm³-ében 1 sec alatt 10 pár ion keletkezik. Mint a táblázat mutatja, a keletkezett ionok 80%-a a természetes radioaktivitásnak (α, β és γ) tulajdonítható.

4. *A radon légköri koncentrációja. A radonszármazékok légköri egyensúlya*

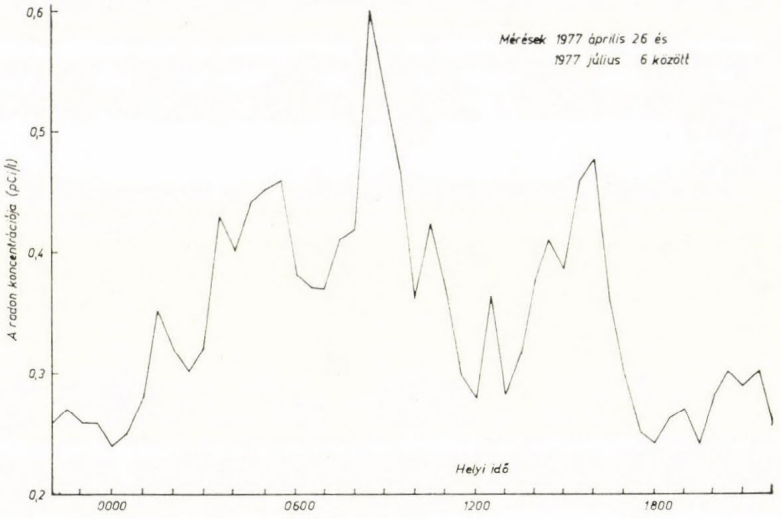
Jelen cikk szerzőinek egyike (*Tymen*, 1978) a radon közvetlen meghatározására berendezést konstruált. A berendezés egy 2,40 m hosszú és 40 cm átmérőjű, henger alakú kamrából áll (a kamra térfogata 290 l), amelybe a levegő 3 abszolút szűrőn keresztül jut be. Ily módon az aeroszol részecskéken levő radioaktivitás a levegőből teljesen kivonható. A kamra másik oldalán olyan abszolút szűrő található, amelynek hasznos átmérője a műszer elektron sokszorozójának hasznos átmérőjével egyenlő (108 mm). *Thomas* és *Le Clare* (1970) egyenlete segítségével az elektron sokszorozó előtti szűrőről származó, adott

V. TÁBLÁZAT

A radonszármazékok koncentrációja és „érintkezési" ideje

	Középérték	Maximum	Minimum
Radon (pCi l^{-1})	0,42	2,89	0,032
RaA/Rn	1	1	0,98
RaB/Rn	0,53	0,80	0,28
RaC/Rn	0,22	0,57	0,06
τ (perc)	33	69	17

időre vonatkozó beütések száma közvetlenül kapcsolatba hozható a radon koncentrációjával. Az *V. táblázat* a leírt berendezéssel Brestben kapott RaA, RaB és RaC koncentrációkat adja meg. Az értékeket az idézett szerző az abszolút szűrő α bomlása alapján határozta meg (*Tymen*, 1976). A táblázat a radon-aeroszol közötti közepes ún. „érintkezési" időt (τ) is tartalmazza. A kapott közepes 33 perces „érintkezési" idő jó egyezésben van *Renoux* (1965) előző párizsi eredményeivel.



2. ábra: A radon koncentrációjának közepes napi menete Brestben

A táblázat alapján elsősorban két tényre hívjuk fel a figyelmet. Először, hogy a radon és származékai között soha sincs radioaktív egyensúly. Másodszor, hogy a levegő radon tartalma igen jelentős változásokat mutat (a maximális és minimális érték aránya 310-zel egyenlő).

A *2. ábra* a levegő radon tartalmának közepes napi változását mutatja *Tymen* bresti megfigyelései alapján. A mérések szerint a radon közepes koncentrációja Brestben 0,42 pCi/l, szemben a Párizsban megfigyelt 0,19 pCi/l értékkel. Toron esetén a radioaktív koncentráció a mérések szerint Brestben $0{,}34 \cdot 10^{-2}$ pCi/l, Párizsban $0{,}15 \cdot 10^{-2}$ pCi/l. A két megfigyelési hely közötti különbségeket többek között az eltérő geológiai viszonyokkal magyarázhatjuk. Brest környékén ugyanis a földkéreg sokkal több, viszonylag magas radioaktivitású gránitot tartalmaz.

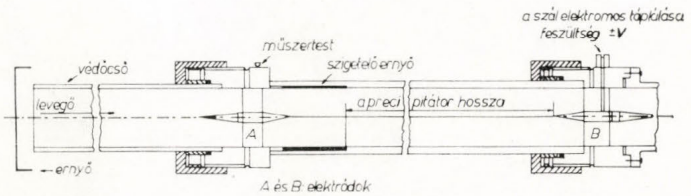
5. *Természetes radioaktív ionok*

A levegőben levő radioaktív részecskék egy része elektromos töltésű. Ezek a radioaktív ionok. Megkülönböztetünk

- 10^{-3} μm-nél kisebb sugarú kis ionokat, amelyek csaknem kizárólag RaA-ból keletkeznek és egységnyi pozitív töltést hordoznak (*Renoux*, 1965);
- nagy ionokat, amelyek sugara 10^{-3} μm és 0,1 μm közé esik. A nagy ionok lehetnek pozitívak vagy negatívak.

Az említett részecskéket kísérleti úton Párizsban *Renoux* (1965), míg újab-

ban Brestben *Tymen* (1978) tanulmányozta. Mindketten Zélény csöveket használtak *(3. ábra)* a *Kawano* (1957) által kidolgozott módszernek megfelelően. Az eljárás lényege a következő. Mintavétel után a műszer elektródját (amely lehet pozitív vagy negatív, attól függően, hogy pozitív vagy negatív ionokat akarunk felfogni) két szcintillátor közé helyezzük és az α sugarakat elektron sokszorozó segítségével mutatjuk ki. Az RaA és a ThB alkotta kis radioaktív



3. ábra: A radioaktív ionok tanulmányozására szolgáló Zélény csövek sematikus rajza

ionok száma levegőben igen kicsi: $1{,}2 \cdot 10^{-4}$ cm^{-3} RaA, illetve $7{,}5 \cdot 10^{-6}$ cm^{-3} ThB esetén *(Renoux*, 1965). Ezek a kis ionok pozitív töltésűek. A levegőben mind ez ideig nem sikerült RaB, RaC és ThC atomokból álló kis ionokat kimutatni annak ellenére, hogy jelenlétüket *Mac Laughlin* (1972) laboratóriumi körülmények között és *Duport et al.* (1975) urániumbánya levegőjében kimutatta. *Girod* (1965) mérései szerint a kis radioaktív ionok eloszlása diszkrét: az eloszlás két két fő maximuma 2 cm^{2}V^{-1}s^{-1}, illetve 0,56 cm^{2}V^{-1}s^{-1} mozgékonyságra vonatko-

VI. TÁBLÁZAT

A negatív és pozitív radonból keletkező radioaktív ionok koncentráció-aránya N^-/N^+

	Maximum	Minimum	Középérték
Brest	0,96	0,16	0,38
Párizs	0,59	0,04	0,28

VII. TÁBLÁZAT

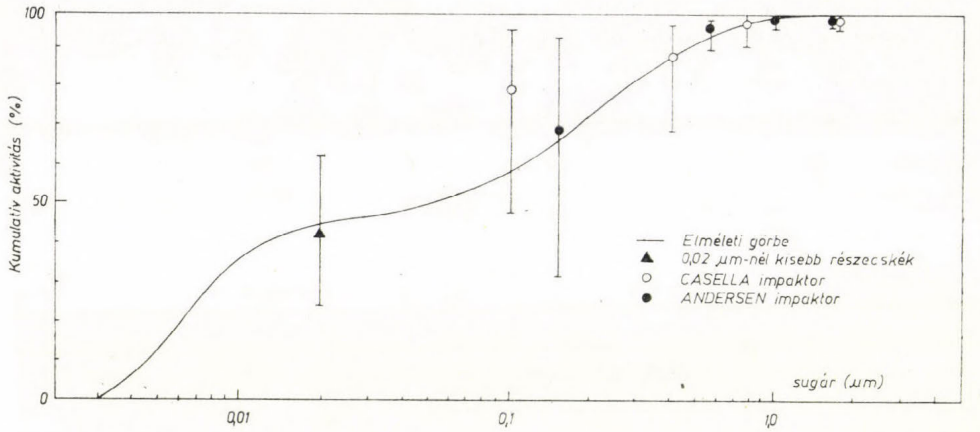
A negatív és pozitív toronból keletkező radioaktív ionok koncentráció-aránya N^-/N^+

	Maximum	Minimum	Középérték
Brest	0,97	0,23	0,65
Párizs	0,70	0,35	0,55

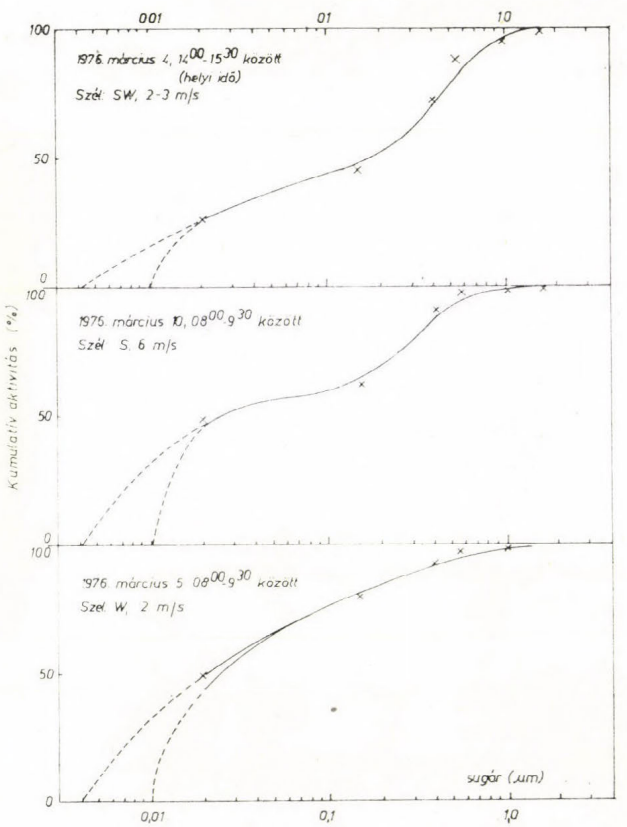
zik. Ez a típusú eloszlás mind RaA, mind ThB esetén jelentkezik. A *VI. és VII. táblázat* a negatív és pozitív nagy radioaktív ionok koncentráció-arányát (N^-/N^+) adja meg radon, illetve toron esetén. Az értékeket *Renoux* Párizsban kontinentális, illetve *Tymen* Brestben tengeri levegőben határozta meg. Látható, hogy a bresti és párizsi középértékek között jelentős eltérés mutatkozik.

6. *A radonból származó légköri radioaktivitás eloszlása aeroszol részecskéken*

Zélény csövek, kaszkád impaktorok, abszolút szűrők és diffúziós csatornák segítségével a radonból származó radioaktivitás nagyság szerinti eloszlását



4. ábra: A légköri aeroszol részecskéken levő α-radioaktivitás közepes kumulatív nagyság szerinti eloszlása *Tymen* (1978) szerint



5. ábra: A légköri aeroszol részecskékben levő α-radioaktivitás kumulatív nagyság szerinti eloszlása különböző időjárási helyzetekben *Tymen* (1978) szerint; a szaggatott görbék két lehetséges eloszlást jelölnek a 0,02 μm-nél kisebb sugarú részecskék tartományában

Tymen (1978) határozta meg. Az általa kapott eredményeket a *4. ábra* ábrázolja (a vertikális vonalak a kísérleti eredmények szórását adják meg). Az ábra kihúzott görbéje *Bricard (Bricard*, 1977; *Tymen és Renoux*, 1977) számítási módszerével kapott elméleti eloszlást adja meg. Ez a módszer a radonból származó kis radioaktív ionok és az aeroszol részecskék közötti koagulációs sebesség elméleti meghatározásán alapul. A 4. ábrán levő görbe kiszámításakor *Butor* (1974) eredményeit is figyelembe vettük, amelyek szerint az aeroszol részecskék nagyság szerinti eloszlása 3 logaritmikus normál függvénnyel jellemezhető. Az ábráról látható, hogy a kísérleti eredmények jó egyezésben vannak az elméleti megfontolásokkal.

Mint az eredményekből kitűnik, a természetes radioaktivitás 42%-a 0,02 μ-nál kisebb sugarú aeroszol részecskékhez kapcsolódik. Ez az eredmény jó egyezésben van más szerzők eltérő viszonyok közt kapott adataival. Ezek az adatok a párizsi környezetre *(Renoux*, 1965), laboratóriumi levegőre (*Madelaine*, 1968) és uránium bányákra *(Duport*, 1976) vonatkoznak. Az eredmények egyezése arra mutat, hogy olyan általános jelenségről van szó, amely független a radioaktivitás általános szintjétől.

Hangsúlyoznunk kell azonban, hogy ezek a megállapítások átlagos eloszlásra vonatkoznak. Az eloszlások, mint minden légköri paraméter, egyes esetekben igen különbözők lehetnek, amint ezt az *5. ábra* mutatja néhány Brestre vonatkozó jellemző példával (*Tymen*, 1978).

IRODALOM

Butor, J. – F., 1974. Application des techniques de la microscopie électronique à l'études de l'aérosol atmosphérique fin. Thése 3e cycle (Brest). *Rapport R—4709*, Commissariat à l'Énergie Atomique.

Bricard, J., 1977: Physique des aérosol (vol. 1 et 2). *Rapport R – 4831*, Commissariat à l'Énergie Atomique.

Duport, P., 1976: L'aérage et les caractéristiques de l'atmosphère d'une mine d'uranium laboratoire. Application à la répartition des particules radioactives dans les voies respiratoires. *Thése doctorat d'Université de Brest, N-3.*

Duport, P., Madelaine, G., Renoux, A., 1975: Mesure de la fraction libre présente dans l'air d'une mine d'uranium laboratoire. *Chemosphere 4*, 283 – 288.

Girod, P., 1965: *Thèse de Docteur – Ingénieur*, Paris.

Grevet, P., 1965: Mesure de l'intensité totale d'ionisation au voisinage du sol, et séparation de ses différentes composantes. *Thèse de doctorat d'Université*, Paris.

Mac Laughlin, J. – P., 1972: The attachment of radon daughter products to condensation nuclei. *Proc. of Royal Irish Academy 72* (sect. A), 51 – 70.

Madelaine, G., 1968: Formation et évolution des aérosol dans l'air filtré et dans l'air naturel. Action de la radioactivité. *Thèse de doctorat de l'Université*, Paris.

Renoux, A., 1965: Études des ions radioactifs de l'air. *Thèse de l'Université*, Paris; *Rapport R—2771*, Commissariat á l'Énergie Atomique.

Renoux, A., Madelaine, G., 1973: La radioactivité atmosphérique. *Pollution Atmosphérique 59*, 273 – 279.

Thomas, J. W., Le Clare, P. C., 1970: A study of the two filter method for radon-222. *Health Physics 18*, 823 – 833.

Tymen, G., 1976: Détermination du temps de contact radon-aérosols dans l'atmosphére. *Chemosphere 5*, 389 – 394.

Tymen, G., 1978: Répartition granulométrique de l'aérosol naturel et des particules radioactives issues du radon, en atmosphére maritime et urbaine peu polluée. *Thèse de doctorat de l'Université*, Brest.

Tymen, G., Renoux, A., 1977: Calcul des coefficients de fixation des petits ions positifs en atmosphére bipolaire symétrique. *Chemosphere 6*, 393 – 400.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 82. évf. 4. szám. 1978. július – augusztus
Journal of the Meteorological Service, Vol. 82 No 4. July – August 1978 Budapest

Hidrodinamikai módszer a Kárpát-medence időjárásának finomfelbontású előrejelzésére I.

PRÁGER TAMÁS, *Központi Meteorológiai Intézet, Budapest*

A Hydrodynamical Method for the Forecasting of Weather Conditions with High-degree Resolution in the Carpathian Basin. This paper is constituting the first part of the description of the forecasting method mentioned in the title. The hydrodynamical equation system used in this method corresponds to the conservation laws of the baroclinic quasistationary processes as described in the co-ordinate system σ. In the paper, we are generally discussing the problems which have arisen in the course of the development of the method. There is a detailed discussion of the conservation laws, of the initial and boundary conditions, of the parameterization of vertical temperature changes and of the convective rearrangement of potential temperature.

*

Гидродинамический метод прогноза погоды для территории Карпатского бассейна. Настоящая статья представляет собой первую часть описания мезомаштабного предсказания погоды в территории Карпатского бассейна. В качестве гидродинамических уравнений данной модели выбраны законы сохранения бароклинных, квазистатических атмосферных процессов, записанные в σ-системе координат. Рассматриваются общие черты возникших при разработке модели проблем, детально описываются формулы для законов сохранения, начальных и краевых условий, и также параметризации вертикального распределения величин и алгоритма перераспределения потенциальной температуры.

*

Jelen cikk témája kísérlet egy eléggé régen fölmerült és napjainkban egyre fontosabbá váló feladat megoldására. Ez a feladat: olyan finomfelbontású (<50 km), rövidtávú hidrodinamikai előrejelzési módszer kidolgozása, amely alkalmas a hazai, illetve más Kárpát-térségbeli országok szinoptikus szolgálatában történő felhasználásra.

A következőkben vázlatosan ismertetjük a prognózismódszer kidolgozása közben fölmerült problémákat és megoldásuk általunk választott módszereit, ezzel lényegében a modell általános leírását adva.

Első feladatunk az adekvát hidrodinamikai modell kiválasztása volt. Megoldásakor a Kárpát-medence időjárásának alapvető szinoptikai sajátosságaiból indultunk ki. Ezek:

a) az ún. „szinoptikus" környezet kiterjedtsége, azaz a viszonylag nagy területről és többféle irányból érkező hatások;

b) a gyenge hatások gyakorisága, a hatások keveredése és a helyi tényezők fokozott szerepe az időjárás alakításában.

Fizikai szempontból az első tulajdonság a Kárpát-medence fölötti levegőnek, mint rendszernek a nyitottságát, míg a második tulajdonság a Rossby-hullá-

mok mellett újfajta mozgásformák: az inerciális-gravitációs és orográfiai kényszerhullámzások megjelenését jelenti. Ezeket figyelembevéve nyilvánvaló az ún. „szűrt" modellek alkamazhatatlansága a feladat megoldására, mivel ezek kiszűrik a gravitációs hullámokat. Olyan hidrodinamikai modellre volt szükség, amely képes az *együtt fellépő* Rossby- és gravitációs hullámokat leírni, és emellett az ismertetett prognózis-cél elérése érdekében kellő stabilitása van.

A fentiek alapján esett választásunk a σ-koordináta rendszerben felírt *(Phillips* [3]) „teljes" (kvázisztatikus) egyenletrendszerre. Ezt a hidrodinamikai modellt prognosztikai célokra először *F. G. Shuman* és munkatársai alkalmazták a *National Meteorological Center* (USA) számára 1967-ben kidolgozott prognózis-módszerükben [1]. *Shuman* módszerében speciális simítási eljárásokat alkalmazott a kezdeti föltételekben rejlő „zajok", a továbbiakban pedig a gravitációs hullámzások kiszűrése céljából. Az ily módon stabilizált modell elsősorban a lassú mozgású Rossby-hullámok előrejelzésére, nagytérségű prognosztikai feladatok megoldására volt alkalmas: lehetővé tette kb. 300 km-es rácstávolság esetén 10 perces időlépcső alkalmazását. A 70-es évektől kezdődően szovjet, jugoszláv és NDK-beli kutatók foglalkoztak ilyen hidrodinamikai modellen alapuló prognózis-módszerek továbbfejlesztésével [11, 12]. *Presszman*, a hidrodinamikai modellt matematikai szempontból vizsgálva, elvégezte az egyenletek linearizálását és a kapott hullám-megoldások minőségi analízisét, elemezte a horizontális határföltételek megadásának kérdését [5]. A modell számítási módszereként a kétlépéses Lax – Wendroff sémát alkalmazva jó eredményeket kapott a barotrop prognózis feladat megoldására.

Phillips, továbbá *Monin* és *Obuhov* [4], valamint mások eredményei alapján közismert, hogy a teljes hidrodinamikai egyenletrendszer a hidrosztatikai feltétellel a légkör hullámmozgásai közül csupán a hanghullámokat szűri ki, a belső felhajtóerők által generált konvekciós hullámzásokat pedig torzítva tükrözi vissza. Ezért elméletileg alkalmas az általunk kitűzött cél megvalósítására. Az erre a hidrodinamikai modellre épülő prognózis-feladat számítási módszereként alkalmazott kétlépéses Lax – Wendroff-séma azonban instabilisnak bizonyult már 100 – 200. időlépcső után, ami az alkalmazott rácstávolság esetén csupán néhány órás időtartamnak felel meg. Ennek oka (annak ellenére, hogy a σ-koordináta bevezetése lényeges javítást jelent a vertikális transzportmechanizmusok leírásában [1]) a függőleges irányú véges különbséges közelítési hibák nem-lineáris effektusok okozta felgyülemlésében és ezen keresztül a megmaradási törvények megsértésében rejlett. A vertikális koordináta szerepe a kvázisztatikus modellekben ugyanis alapvetően különbözik a két horizontális koordinátáétól, hiszen az összes diagnosztikai (a tendencia-egyenletből meg nem határozható) változó függőleges integrálással számítható ki.

A megmaradási törvények teljesülésének a közvetlen ellenőrizhetősége végett ekkor áttértünk a tendencia-egyenletek divergens alakjának és egy adekvát konzervatív véges különbséges sémának az alkalmazására. A σ-koordináta szerinti véges különbséges közelítéseket nagymértékben finomítottuk azáltal, hogy az energia-kifejezés és a geopotenciál számításánál az egyszerű véges integrál-közelítő összegek képzése helyett csupán a potenciális hőmérsékletnek a nyomási koordinátától való $A_i + B_i p$ alakú $(p_{i+1} < p < p_i)$ törtlineáris függését tételeztük föl, és így analitikusan integrálhattunk. A fenti változtatások a stabilitás ugrásszerű javulását hozták: a modell azonban kb. a 6 – 700. időlépcső után ismét rendszeresen instabillá vált.

Ennek az instabilitásnak azonban már „természetes" okai voltak; ezt mutatta, hogy erősen függött a kezdeti hőmérsékleti rétegződéstől. Ez alkalom-

mal a hidrosztatikai közelítés által eltorzított belső konvekciós hullámok fellépte és felhalmozódása okozta az instabilitást. Ezért meg kellett oldani a belső konvekciós hullámok kiszűrésének, pontosabban a konvekciós cellák és a nagyobb léptékű jelenségek kölcsönhatása paraméterezésének a problémáját. Erre egy a *Manabe, Smagorinsky és Strick* által javasolt, s *D. J. Presszman* szerint a két mozgás-skála közötti visszacsatolási mechanizmust jól tükröző módszert használtunk fel, amely az instabil rétegződésű légoszlopokban a légoszlop energiáját megőrző hőmérsékleti átrétegzést hajt végre. Ez a hőmérsékleti átrétegzés az instabilitás hatására a légoszlopban végbemenő konvektív mozgásokat modellezi és eredménye megegyezik a konvekció nyomán létrejövő stabilis vagy indifferens rétegződéssel [6].

Az újabb javítás megtétele után a modell gyakorlatilag is alkalmassá vált sík földfelszín esetén 1 – 2 napos előrejelzések készítésére. Utolsó problémaként az merült fel, hogy a planetáris határréteg figyelmen kívül hagyása miatt a viszonylag meredek domborzati akadályok hátoldalán sebességi ugrás kialakulása volt megfigyelhető. Ezt mutatták a földfelszín közelében észlelhető irreálisan nagy sebességek, továbbá a választófelületek fokozódó „behullámzása" is. Ezeknek az állóhullámoknak az amplitúdója az 1500 – 2000. időlépcső között nemegyszer az instabilitásig fokozódott.

Enyhe sebességi ugrások a hegységek hátoldalán ténylegesen is föllépnek [14], ezért feladatunk csupán az ugrás zónájában megnövekedett közelítési hibák miatti instabilitás megszüntetése volt. Ennek érdekében az ugrásos áramlások hidrodinamikai modelljeiben *Neumann J.* és *R. Richtmyer* által javasolt mesterséges viszkozitás bevezetéséhez fordultunk [9]. 1967-ben *A. Lapidus* amerikai kutató kidolgozta a mesterséges viszkozitási tagoknak a divergens tendencia-egyenleteknek megfelelő konzervatív formáját [10]. Ezeket a tagokat használtuk fel a modellben, azzal a változtatással, hogy csak az impulzust „simítjuk" és a függőleges irányban is alkalmazunk egy „átlagolt" simítást. A későbbiekben ezt a módszert a határrétegnek a konvekcióéhoz hasonló valamely visszacsatolásos modelljével kívánjuk helyettesíteni.

2. *A hidro-termodinamikai egyenletrendszer és a határfeltételek*

A vertikális koordináta modellünkben a Phillips-féle σ-koordináta *Shuman* által általánosított változata:

$$\sigma = \frac{P - P_F}{P_A - P_F}, \quad P_A \geqq P \geqq P_F$$

P_A – alsó határfelületi nyomás,
P_F – felső határfelületi nyomás.

A határfelületek tetszőleges megválasztása lehetőséget nyújt az atmoszféra választófelületi, a sztratopauza, a tropopauza és a planetáris határréteg felső határfelülete evolúciójának a nyomonkövetésére, az atmoszféra rétegzettségének a modellezésére. A modell jelenlegi σ-koordinátázása a következő:

$$\sigma_0 = \frac{P - P_1}{P_0 - P_1}, \quad P_0 \geqq P \geqq P_1 \quad \text{(troposzféra)},$$

$$\sigma_1 = \frac{P - P_2}{P_1 - P_2}, \quad P_1 \geqq P \geqq P_2 \quad \text{(sztratoszféra)},$$

$$\sigma_2 = \frac{P}{P_2}, \quad P_2 \geqq P \geqq 0 \quad \text{(izentropikus réteg)},$$

ahol: P_0 – a földfelszíni nyomás,
P_1 – a tropopauza nyomása,
P_2 – a sztratopauza nyomása.

A teljes hidro-termodinamikai egyenletrendszert „közönséges" és divergens formában is felhasználjuk:

(1) $$u_t + uu_x + vu_y + su_\sigma = fv - \Phi_x - c_p \Theta P_x$$

(2) $$v_t + uv_x + vv_y + sv_\sigma = -fu - \Phi_y - c_p \Theta P_y$$

(3) $$0 = -\Phi_\sigma - c_p \Theta P_\sigma$$

(4) $$\Theta_t + u\Theta_x + v\Theta_y + s\Theta_\sigma = 0$$

(5) $$\pi_t + u\pi_x + v\pi_y + s\pi_\sigma = -\pi(u_x + v_y + s_\sigma),$$

ahol: u – az x-irányú sebesség,
v – az y-irányú sebesség,
s – a σ-rendszerbeli függőleges sebesség,
Φ – a geopotenciál,
Θ – a potenciális hőmérséklet,
$\pi = P_\sigma$ – a rétegvastagság (nyomási rendszerben),
$P = (p/1000)^{\frac{\varkappa - 1}{\varkappa}}$ – a transzformált nyomás,
c_p – a levegő állandó nyomáson vett fajhője,
c_v – a levegő állandó térfogaton vett fajhője,
$\varkappa = c_p/c_v$,
f – a Coriolis-paraméter.

Ez a „közönséges" egyenletrendszer, amelyből a divergens egyenleteket a következő elemi átalakításokkal kapjuk:

1) A kontinuitási egyenlet tagjait rendezzük egy oldalra:

(6) $$\pi_t + (u\pi)_x + (v\pi)_y + (s\pi)_\sigma = 0$$

2) A két vízszintes mozgásegyenletet szorozzuk meg π-vel, majd adjuk hozzá a kontinuitási egyenlet új alakját u-val ill. v-vel szorozva:

$$(\pi u)_t + (\pi u^2)_x + (\pi uv)_y + (\pi us)_\sigma = f\pi v - \pi\Phi_x - \pi c_p \Theta P_x,$$
$$(\pi v)_t + (\pi uv)_x + (\pi v^2)_y + (\pi vs)_\sigma = -f\pi u - \pi\Phi_y - \pi c_p \Theta P_y$$

Alakítsuk át a jobboldalakat a következőképpen:

$$\pi\Phi_x + \pi c_p \Theta P_x = \pi\Phi_x + P_x c_p \Theta P_\sigma = \pi\Phi_x - P_x\Phi_\sigma = (\pi\Phi)_x - (P_x\Phi)_\sigma$$
$$\pi\Phi_y + \pi c_p \Theta P_y = \pi\Phi_y + P_y c_p \Theta P_\sigma = \pi\Phi_y - P_y\Phi_\sigma = (\pi\Phi)_y - (P_y\Phi)_\sigma$$

Ezeket az azonosságokat felhasználva:

(7) $$(\pi u)_t + [\pi(u^2 + \Phi)]_x + (\pi uv)_y + (\pi us - P_x\Phi)_\sigma = f\pi v$$

(8) $$(\pi v)_t + (\pi vu)_x + [\pi(v^2 + \Phi)]_y + (\pi vs - P_y\Phi)_\sigma = -f\pi u$$

Kapott egyenleteink az impulzus-egyenletek.

3) A két vízszintes mozgásegyenletet szorozzuk meg πu-val illetve πv-fel, a kontinuitási egyenletet $\frac{1}{2}\left(u^2+v^2\right)+\Phi+c_p\Theta P$-vel, a hidrosztatikai egyenletet πs-el, végül a termodinamikai egyenletet $\pi c_p P$-vel. Adjuk össze a kapott egyenleteket:

$$\left[\frac{1}{2}\pi(u^2+v^2)\right]_t+\left[\frac{1}{2}\pi u(u^2+v^2)\right]_x+\left[\frac{1}{2}\pi v(u^2+v^2)\right]_y+\left[\frac{1}{2}\pi s(u^2+v^2)\right]_\sigma+(\pi\Phi)_t+$$
$$+(\pi u\Phi)_x+(\pi v\Phi)_y+(\pi s\Phi)_\sigma+(\pi c_p\Theta P)_t+(\pi u c_p\Theta P)_x+(\pi v c_p\Theta P)_y+(\pi s c_p\Theta P)_\sigma=$$
$$=\pi\Phi_t+\pi c_p\Theta P_t.$$

A jobboldalt az előzőhöz hasonló módon átalakítjuk:

$$\pi\Phi_t+\pi c_p\Theta P_t=\pi\Phi_t+P_t c_p\Theta P_\sigma=\pi\Phi_t-p_t\Phi_\sigma=(P\Phi_t)_\sigma-(P\Phi_\sigma)_t=(P\Phi_t)_\sigma+(\pi R\Theta P)_t$$

Ezt felhasználva az energia egyenlet végső alakja:

$$\left[\pi\left[\frac{1}{2}(u^2+v^2)+\Phi+c_v\Theta P\right]\right]_t+\left[\pi u\left[\frac{1}{2}(u^2+v^2)+\Phi c_p\Theta P\right]\right]_x+\left[\pi v\left[\frac{1}{2}(u^2+v^2)+\Phi+\right.\right.$$

$$9)\qquad \left.\left.+c_p\Phi P\right]\right]_y+\left[\pi s\left[\frac{1}{2}(u^2+v^2)+\Phi+c_p\Theta P\right]-P\Phi_t\right]_\sigma=0$$

Az egyenletek divergens alakjából a megmaradási törvények közvetlenül kiolvashatók: külső hatás hiányában az adott mennyiség (tömeg, impulzus, energia) megváltozása tetszőleges elemi térfogatban a térfogatelemet határoló zárt felületen keresztüli advekció eredménye. A (6 – 9) divergens egyenletek a (3) hidrosztatikai egyenlettel és a $\pi=P_\sigma$ definíciós egyenlettel egy hat differenciálegyenletből álló rendszert alkotnak. Az ismeretlen függvények száma azonban hét, ezek: u, v, s, π, P, Θ és Φ. Az s σ-rendszerbeli függőleges sebesség kiszámítására a kontinuitási egyenlet σ szerinti differenciálásával nyerünk diagnosztikai egyenletet. A kapott hét egyenletből álló elsőrendű nem-lineáris parciális differenciálegyenlet-rendszer parabólikusan elfajult típusú, amelyre vonatkozólag vegyes feladatot oldunk meg. A differenciálegyenlet-rendszer időben negyedrendű, ezért négy kezdeti föltétel szükséges. Ezek az u, v, Θ_0 és π_0 függvények rögzített t_0 időpontbeli u_0, v_0, Θ_0 és π_0 értékei. A diagnosztikai egyenletek a rendszerben a következők:

$$(10)\qquad \Phi_\sigma=c_p\Theta P_\sigma$$

$$(11)\qquad \pi s_{\sigma\sigma}=-[(\pi u)_x+(\pi v)_y]_\sigma$$

$$(12)\qquad P_\sigma=\pi$$

Ezek az egyenletek a σ változó szerinti közönséges differenciálegyenletek. Mivel a (10) és (12) egyenletek elsőrendűek, megoldásuk egyértelműségéhez egy-egy kezdeti föltétel szükséges. A másodrendű (11) egyenlet két kezdeti föltételt igényel. Ezek a következők:

$$(10a)\qquad \Phi(\sigma=1)=\Phi_0(x,\,y)\ -\ \text{a domborzat magassága}$$

$$(11a)\qquad s(\sigma=1)=s(\sigma=0)=0$$

$$(12a)\qquad P(\sigma=0)=0$$

Ezekkel a kezdeti és peremföltételekkel a megfogalmazott vegyes feladat korrekt felállítású. A később megadandó horizontális peremföltételek a feladathoz matematikailag már nem szükségesek.

3. *A vertikális profilok számítása*

Mint említettük, a hidrodinamikai modell számítási stabilitása igen nagy mértékben a változók σ-irányú változása paraméterezésétől függ. *Shuman* és *Vanderman* már 1966-ban kimutatták, hogy a modell által leírt horizontális mozgásformák igen hosszú ideig (10 – 20 nap) stabilak maradnak, tehát a korai számítási instabilitások oka a vertikális profilok durva közelítésében rejlik [2]. Ezt a tényt a jelen modell tesztelése is megerősítette.

A vertikális profilok közelítésének finomítására a következő módszert alkalmaztuk:

1. Új prognosztikai változókat vezettünk be: a két impulzuskomponens és az energia cellán belüli vertikális integráljait. Ezek a változók közvetlenül biztosítják a megmaradási törvények véges különbséges alakjának a teljesülését vertikális légoszlopra vonatkozóan. Számításuk a divergens egyenletek integrálásával kapott prognosztikai egyenletekből történik.

2. A változókat két csoportra osztottuk. A kinetikai jellegű u, v, s mennyiségek, valamint a belőlük képezett impulzus és kinetikus energia-összetevő esetén függőleges irányban is megtartottuk a szokásos „rácspontfüggvény" reprezentációt, amely a változókat lépcsős függvényekként kezeli. A termodinamikai jellegű Θ, Φ változók, valamint a potenciális és a belső energiakomponens vertikális változását a potenciális hőmérséklet nyomási rendszerbeli törtlineáris profiljából kiindulva egységesen, analitikus képletekkel számítjuk. Így megakadályozzuk a közelítési hibákból származó „fantom" instabilitások keletkezését.

A cellán belül vertikálisan integrált prognosztikai egyenletek a k-adik és a $k+1$-edik modellbeli szint által határolt cellában a következők:

$$\frac{1}{2}(m_k+m_{k+1})_t=-[(um+\pi\Phi)_x+(vm)_y]_{k+\frac{1}{2}}+\frac{1}{\Delta\sigma}\tag{14}$$

$$[(sm)_{k+1}-(sm)_k-(P_x\Phi)_k+(P_x\Phi)_{k+1}]+\frac{f}{2}(n_k+n_{k+1})$$

$$\frac{1}{2}(n_k+n_{k+1})_t=-[(un)_x+(vn+\pi\Phi)_y]_{k+\frac{1}{2}}+\frac{1}{\Delta\sigma}\tag{15}$$

$$[(sn)_{k+1}-(sn)_k-(P_y\Phi)_k+(P_y\Phi)_{k+1}]-\frac{f}{2}(m_k+m_{k+1})$$

$$\frac{1}{2}(h_k+h_{k+1})_t+\frac{1}{\Delta\sigma}\Big[\int_{P_{k+1}}^{P_k}(\Phi+c_vT)dP\Big]_t+\frac{1}{\Delta\sigma}[(P\Phi_t)_{k+1}-(P\Phi_t)_k]=\tag{16}$$

$$=-[(ue)_x+(ve)_y]_{k+\frac{1}{2}}+\frac{1}{\Delta\sigma}[(se)_{k+1}-(se)_k]$$

$$k=1,\ 2\ \ldots\ n-1\ (k \text{ felfelé nő}),$$

ahol: $\left.\begin{aligned} m &= \pi u \\ n &= \pi v \end{aligned}\right\}$ az impulzus két összetevője,

$$h = \frac{1}{2}\pi(u^2+v^2) \qquad \text{– a kinetikus energia,}$$

$$e = \pi[\frac{1}{2}(u^2+v^2)+\Phi+c_pT] \qquad \text{– a teljes energia}$$

és az f_k, $f_{k+\frac{1}{2}}$, f_{k+1} rövidítések jelentése $f(k\Delta\sigma)$, $f[(k+\frac{1}{2})\Delta\sigma]$ és $f[(k+1)\Delta\sigma]$.

A belső és a potenciális energiaösszetevőt képező integrál kiszámítását később ismertetjük. A rétegvastagsági tendencia és a függőleges sebesség meghatározása egyszerre történik a kontinuitási egyenlet alapján. A számítási képletek analitikus és vertikálisan véges különbséges alakban a következők:

$$\pi_t = -\int_0^1 (m_x+n_y)d\sigma = -\sum_{j=1}^{n-1}(m_x+n_y)_{j+\frac{1}{2}}\Delta\sigma \tag{17}$$

$$\pi s_\sigma = \int_0^1 (m_x+n_y)d\sigma-(m_x+n_y) \tag{18}$$

$$(\pi s_\sigma)_{k+\frac{1}{2}} = \sum_{j=1}^{n-1}(m_x+n_y)_{j+\frac{1}{2}}\Delta\sigma-(m_x+n_y)_{k+\frac{1}{2}} \tag{18a}$$

$$\pi s = \int_0^1 (m_x+n_y)d\sigma-(1-\sigma)\int_0^1 (m_x+n_y)d\sigma \tag{19}$$

$$(\pi s)_{k+\frac{1}{2}} = \sum_{j=1}^{k}(m_x+n_y)_{j+\frac{1}{2}}\Delta\sigma-(k+\frac{1}{2})\Delta\sigma\sum_{j=1}^{n-1}(m_x+n_y)_{j+\frac{1}{2}}\Delta\sigma \tag{19a}$$

Ezekben a képletekben az integrandus „rácspontfüggfény" reprezentációja szerepel. A geopotenciál meghatározása, a hidrosztatikai egyenlet integrálása már a másik koncepció szerint történik. A potenciális hőmérséklet törtlineáris profilját a következő képlettel adjuk meg:

$$\Theta = \frac{\Theta_{k+1}(P_k-P)+\Theta_k(P-P_{k+1})}{P_k-P_{k+1}} \qquad \begin{matrix} P_k \geqq P \geqq P_{k+1} \\ k=1, 2 \ldots n-1 \end{matrix} \tag{20}$$

A geopotenciál és a termodinamikai energiaösszetevők kiszámítására szolgáló analitikus képletek és a (20) profil alapján számított munkaformulák a következők:

$$\Phi_{k+1}-\Phi_k = \int_{\sigma_{k+1}}^{\sigma_k} c_p\Theta P_\sigma d\sigma = \int_{P_{k+1}}^{P_k} R\Theta P^{-\frac{1}{\varkappa}}dP \tag{21}$$

$$\Phi_{k+1}-\Phi_k = \frac{{c_p}^2}{c_p+R}(\Theta_{k+1}-\Theta_k)\frac{P_k^{(2\varkappa-1)/\varkappa}-P_{k+1}^{(2\varkappa-1)/\varkappa}}{\Delta P}+ \tag{21a}$$

$$+c_p\left(\Theta_k P_k^{(\varkappa-1)/\varkappa}-\Theta_{k+1}P_{k+1}^{(\varkappa-1)/\varkappa}\right)$$

(22) $$\Delta\sigma(\widehat{P}+I)_k=\int_{P_{k+1}}^{P_k}(c_vT+\Phi)dp=\int_{P_{k+1}}^{P_k}c_pTdP+[(P\Phi)_k-(P\Phi)_{k+1}]$$

(22a) $$\int_{P_{k+1}}^{P_k}c_pTdP=\int_{P_{k+1}}^{P_k}c_p\Theta P^{(\varkappa-1)\varkappa}dP=$$

$$=\frac{{c_p}^3}{(c_p+R)(2c_p+R)}(\Theta_{k+1}-\Theta_k)\frac{Pl_k{}^{(3\varkappa-1)/\varkappa}-P_{k+1}{}^{(3\varkappa-1)/\varkappa}}{\Delta P}+$$

$$+\frac{{c_p}^2}{c_p+R}(\Theta_kP_k{}^{(2\varkappa-1)/\varkappa}-\Theta_{k+1}P_k{}^{(2\varkappa-1)/\varkappa})$$

Az eddig ismertetett képletek az impulzus-, és az energiakifejezés fölépítésére vonatkoztak, fölmerül azonban az inverz probléma is, amikor a vertikálisan integrált impulzus- és energiakifejezésekből u, v és Θ rácsponti értékeit kívánjuk meghatározni. Ehhez az önálló σ-koordinátázású (1d. *2. pont)* rétegek alján kezdeti föltételekre van szükség. A kezdeti értékeket a divergens egyenletek határfelületekre vonatkozó ,,kvázi-kétdimenziós'' alakjának megoldásával nyerjük:

(23) $$m_t+(um)_x+(vm)_y+s_\sigma m+\pi\Phi_y+\pi c_p\Theta P_x=dn$$

(24) $$n_t+(un)_x+(vn)_y+s_\sigma n+\pi\Phi_y+\pi c_p\Theta P_y=fm$$

(25) $$e_t+(ue)_x+(ve)_y+s_\sigma e-\pi\Phi_t-\pi c_p\Theta P_t=0^*$$

(26) $$\pi_t+(u\pi)_x+(v\pi)_y+s_\sigma\pi=0$$

Itt és a következőkben a csillag (*) azt jelenti, hogy a földfelszínen a $\pi\Phi_t$ összeadandó zérus.

A kezdeti értékek ismeretében az inverz feladat, a ,,dezintegrálás'' könnyen megoldható a következő rekurzív formulák segítségével:

(27) $$u_{k+1}=2M_k/\pi-u_k$$

(28) $$v_{k+1}=2N_k/\pi-v_k$$

(29) $$(\widehat{P}+I)_k=E_k{}^*-H_k=E_k{}^*-\frac{1}{4}\pi\left(u_k{}^2+u_{k+1}^2+v_k{}^2+v_{k+1}^2\right)$$

(30) $$\Theta_{k+1}=\frac{\Delta\sigma(\widehat{P}+I)_k-\Delta P\Phi_k+\Theta_k\left[c_pP_k{}^{(\varkappa-1)/\varkappa}P_{k+1}-\frac{{c_p}^2}{2c_p+R}\frac{P_k{}^{(3\varkappa-1)/\varkappa}-P_k{}^{(3\varkappa-1)/\varkappa}}{\Delta P}\right]}{\frac{c_p}{c_p+R}P_k{}^{(2\varkappa-1)/\varkappa}+\frac{Rc_p}{c_p+R}P_{k+1}{}^{(2\varkappa-1)/\varkappa}-\frac{{c_p}^3}{2{c_p}^2+R}\frac{P_k{}^{(3\varkappa-1)/\varkappa}-P_{k+1}{}^{(3\varkappa-1)/\varkappa}}{\Delta P}}$$

ahol nagy betűkkel a megfelelő változók (14)–(16) egyenletekben értelmezett cellabeli vertikális integrál-középértékeit jelöltük. Új jelölések:

$e^*=\pi\left[\frac{1}{2}(u^2+v^2)+\Phi+C_vT\right]$ – a teljes (entropikus) energia,

$\widehat{P}=\pi\Phi$ – a potenciális energia,

$I=\pi C_vT$ – a belső energia,

$\Delta P=P_k-P_{k+1}$

A vertikális profil-számítás utolsó problémája a változók asszimptotikájának a számítása $P\to 0$ esetén. A $P=0$ pont környezetében a változók egymástól

eléggé eltérő módon viselkednek és a közelítési pontosság is csökken, ezért *Shuman* nyomán [1] bevezettük a felső mesterséges izentrop réteget, amely biztosítja a stabilitást. A legfelső önálló σ – koordinátával rendelkező rétegben a potenciális hőmérsékletet térben és időben állandónak tételezzük fel, és az energiaegyenletet nem oldjuk meg.

4. A potenciális hőmérséklet „konvektív" átrétegzése

Mint említettük, a hidrodinamikai modell által ki nem szűrt „belső" gravitációs hullámzás is instabilitást eredményez. Ezt a mozgásformát (a cellás konvekciót) modellezi a potenciális hőmérséklet átrétegzésének számítási eljárása. A konvekciós folyamatok tér- és időbeli kiterjedésének megfelel, hogy az átrétegzést a rácspont-rendszer által meghatározott függőleges légoszlopokon belül végezzük, és 30. időlépcső gyakorisággal (kb. 1 óra) ismételjük.

Átrétegzést adott légoszlopon belül akkor végzünk, ha benne legalább egy instabilis rétegződésű cella van. Az instabilitás föltétele a Θ potenciális hőmérséklet (20) törtlineáris profilját föltételezve nagyon egyszerű: $\Theta_{K+1} < \Theta_K$. Minden instabilitási intervallumhoz tartozik egy konvekciós intervallum, amelyben az instabilitás által létrehozott átrétegzés végbemegy. Ennek meghatározása történhet hagyományos módon, az instabilis légrészek mozgását leíró adiabaták és a potenciális hőmérséklet vertikális profilja összehasonlításával, vagy – mivel ismerjük a cellák integrált energiáját – a legkisebb hatás elve alapján. Az érintkező konvekciós intervallumokat egyesítjük *(1. ábra)*.

Az átrétegzéssel létrejövő új potenciális hőmérsékleti profilt a következő követelmény-rendszerrel határozzuk meg. Átrétegződés után:

a) a légoszlop teljes energiája változatlan marad;
b) konvekciós rétegeken kívül és ezek határán a potenciális hőmérséklet nem változik;
c) az instabilitásokat tartalmazó legszűkebb intervallumban az új potenciális hőmérséklet állandó lesz;
d) a konvekciós réteg ezen kívül eső két rész-intervallumában a potenciális hőmérséklet új gradiense lesz állandó.

Ezek a föltételek egyértelműen meghatározzák az új potenciális hőmérsékleti profilt, amelynek számítását a következőkben ismertetjük. A légoszlop energiája változatlan marad, ha az átrétegzés a $\widehat{P}+I$ összetevőt nem változtatja meg, ennek változatlanságához pedig a (22) formula értelmében elegendő az

$$\int_{P_n}^{P_1} c_p \Theta P^{(\varkappa-1)/\varkappa} = \int_{P_n}^{P_1} c_p \, T \, dP$$

integrál megőrzése. Ezt az integrált az előrejelzési változóként szereplő (22a) cellánkénti integrálok összegeként kaphatjuk meg.

Legyenek egy adott konvekciós intervallum „határai" k_1 és k_2, az instabilitásokat hordozó legkisebb belső intervallum határai pedig j_1, és j_2:

$$k_1 \geqq j_1 < j_2 \geqq k_2.$$

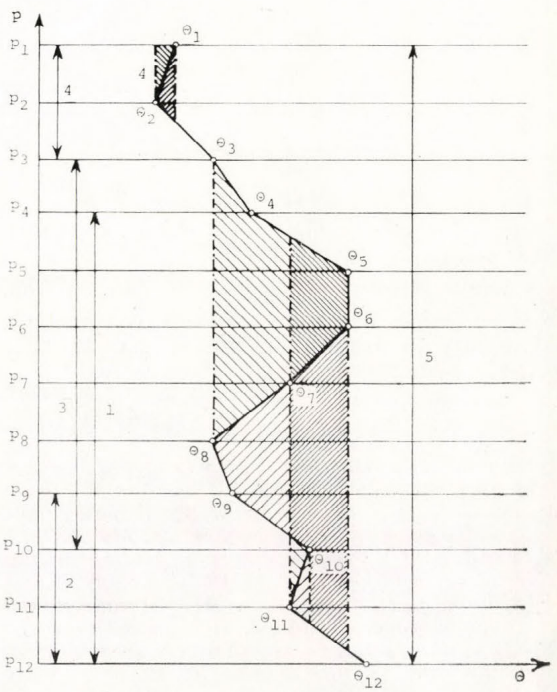
Négy esetet különböztetünk meg:

1) a konvekciós intervallum a légoszlop belsejében van;
2) a konvekciós réteg a légoszlop tetejéig nyúlik;
3) a konvekciós réteg a légoszlop alján kezdődik;
4) a teljes légoszlop konvekciós intervallum.

A számítást az első, legbonyolultabb esetben mutatjuk be, a többi eset ennek leegyszerűsített változatát igényli. A konvekciós intervallum energiája:

$$(31) \qquad I=\sum_{j=k_1}^{k_2-1}\left[\frac{c_p{}^3}{(c_p+R)(2c_p+R)}(\Theta_{j+1}-\Theta_j)\frac{P_j{}^{(3\varkappa-1)/\varkappa}-P_{j+1}{}^{(3\varkappa-1)/\varkappa}}{\Delta P}+\right.$$

$$\left.+\frac{c_p{}^2}{c_p+R}(\Theta_j P_j{}^{(2\varkappa-1)/\varkappa}-\Theta_{j+1}P_{j+1}{}^{(2\varkappa-1)/\varkappa})\right]$$



1. ábra: A konvektív réteg meghatározása

A potenciális hőmérséklet átrétegzés utáni profilja a $[k_1, j_1]$ és $[j_2, k_2]$ intervallumokban:

$$(32) \qquad \Theta=\frac{\Theta_{k1}(P-P_{j1})+\Theta_{j1}(P_{k1}-P)}{P_{k1}-P_{j1}} \qquad P_{k1}\geq P\geq P_{j1}$$

$$(33) \qquad \Theta=\frac{\Theta_{j2}(P-P_{k2})+\Theta_{k2}(P_{j2}-P)}{P_{j2}-P_{k2}} \qquad P_{j2}\geq P\geq P_{k2}$$

A $[j_1, j_2]$ intervallumban, azaz $P_{j1}\geq P\geq P_{j2}$ esetén Θ értéke állandó, azaz $\Theta_{j1}=\Theta_{j2}$. Ezt és a (32)–(33) formulákat felhasználva a „régi" és az „új" energiakifejezés egyenlősége a következő egyenletet adja Θ_{j1} meghatározására:

$$(34)\qquad I=\frac{{c_p}^3}{(c_p+R)(2c_p+R)}\left[(\Theta_{k2}-\Theta_{j1})\frac{{P_{j2}}^{(3\varkappa-1)/\varkappa}-{P_{k2}}^{(3\varkappa-1)/\varkappa}}{\Delta P}+\right.$$

$$\left.+(\Theta_{j1}-\Theta_{k1})\frac{{P_{k1}}^{(3\varkappa-1)/\varkappa}-{P_{j1}}^{(3\varkappa-1)/\varkappa}}{\Delta P}\right]+$$

$$+\frac{{c_p}^2}{c_p+R}\left(\Theta_{k1}{P_{k1}}^{(2\varkappa-1)/\varkappa}-\Theta_{k2}{P_{k2}}^{(2\varkappa-1)/\varkappa}\right)$$

Innen Θ_{j1} egyszerűen kifejezhető:

$$(35)\qquad \Theta_{j1}=\Theta_{j2}=I=\frac{{c_p}^2}{c_p+R}\left(\Theta_{k1}{P_{k1}}^{(2\varkappa-1)/\varkappa}-\Theta_{k2}{P_{k2}}^{(2\varkappa-1)/\varkappa}\right)\times$$

$$\times\frac{\dfrac{{c_p}^3}{(c_p+R)(2c_p+R)}\left[\Theta_{k2}\dfrac{{P_{j2}}^{(3\varkappa-1)/\varkappa}-{P_{k2}}^{(3\varkappa-1)/\varkappa}}{\Delta P}-\Theta_{k1}\dfrac{{P_{k1}}^{(3\varkappa-1)/\varkappa}-{P_{j1}}^{(3\varkappa-1)/\varkappa}}{\Delta P}\right]}{\dfrac{{c_p}^3}{(c_p+R)(2c_p+R)}\left[\dfrac{{P_{k1}}^{(3\varkappa-1)/\varkappa}-{P_{j1}}^{(3\varkappa-1)/\varkappa}-{P_{j2}}^{(3\varkappa-1)/\varkappa}+{P_{k2}}^{(3\varkappa-1)/\varkappa}}{\Delta P}\right]}$$

A számítást egyszerűsíti, hogy a kapott kifejezés az energia-integrál összeadandóiból épül fel.

A leírt számítási módszer a konvekciónak csak sztratifikációt módosító hatását modellezi. A modell továbbfejlesztése során a konvekció kinetikus energiát módosító hatását is modellezni kívánjuk a határréteg folyamataival együtt.

IRODALOM

[1] *Shuman F. G.—Hovermale J. B.:* An operational six-layer primitive equation model. *Journal of Appl. Met.*, Vol. 7. No. 4. 1968.

[2] *Shuman F. G.—Vanderman L. W.:* Difference system and boundary conditions for the primitive equation barotropic forecast. *Mon. Wea. Rev.*, No. 94. 1966.

[3] *Phillips N. A.:* A coordinate system, having some special advantages for numerical forecasting. *Journal Meteor.*, Vol. 14. 1957.

[4] *Монин А. С.—Обухов А. М.:* Малые колебания атмосферы и адаптации метеорологических полей. *Изв. АН СССР*, Сер. геофиз. 1958. №. II.

[5] *Прессман Д. Я.:* О линейной системе квазистатических уравнений в σ-системе координат. *Труды ГМЦ СССР*, No. 151. Гидрометиздат, 1974. Ленинград.

[6] *Прессман Д. Я.:* К вопросу о перераспределении температуры неустойчиво стратифицированного столба сухого воздуха. *Труды ГМЦ СССР*, No. 169. Гидрометиздат, 1975. Ленинград.

[7] *Arakawa L.—Schubert W. H.:* Interaction of cumulus cloud ensemble with the large-scale environment. *Journal of Atm. Sci.*, Vol. 31. No. 3. 1974.

[8] *Lax- P. D.—Wendroff B.:* Systems of conservation laws. *Comm. Pure Et Appl. Math.*, Vol. 13. 1960.

[9] *Neumann J.—Richtmyer R. D.:* A method for the calculation of hydrodynamic shocks. *Journal Appl. Phys.*, Vol. 21. No. 3. 1950.

[10] *Lapidus A.:* A detached shock calculation by second order finite differences. *AEC Research and Development Report NYU—1480—69.* 1967. New York University.

[11] *Mesinger F.:* A method for construction of second order accuracy difference schemes permitting no false two grid-interval wave in the height field. *Tellus*, Vol. 25. 1973.

[12] *Herzog H.—J.:* „Grid-telescoping" – ein Verfahren zur Verringerung seitlicher Randfehler und der durch Diskretisierung entstehenden Trunkationfehler bei numerischen Vorhersagen. *Abh. Met. Dienstes der DDR.* Akademie Verlag. 1972. Berlin.

[13] *Richtmyer R. D.—Morton H. W.:* Difference methods for initial value problems. Wiley. New York. 1967.

[14] *Пекелис Е. М.:* Численное решение пространственной нелинейной задачи обтекания препятствия воздушным потоком. *Труды ГМЦ СССР*, No. 14. 1966.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meterológiai Szolgálat folyóirata, 82. évf. 4. szám. 1978. július—augusztus

Journal of the Meteorological Service, Vol. 82. No 4. July—August 1978 Budapest

A csapadékvíz kémiai összetétele és a légköri nyomanyagok depozíciója Budapesten

HORVÁTH LÁSZLÓ, *Központi Légkörfizikai Intézet, Budapest*

The chemical composition of precipitation samples and the deposition of the trace constituents in Budapest. On the basis of the measurements made in Budapest for 13 years it has been found that the deposition of the atmospheric trace constituents and the concentration of the precipitation samples have a negative trend. It is inconsistant with the fact that the emission of the air pollutants is increasing. It is assumed that several meteorological factors are responsible for this disagreement. The yearey variation of the concentration and the deposition are controlled by natural sources in summer, by man-made pollution in winter and by influences of higher atmospheric levels in spring. The concentration, deposition and electrical conductivity can be divided in to two parts namely the effect of the dry and that of the wet deposition. The electrical conductivity caused by the dry and the wet deposition is about equal. The dry deposition is dominant in the case of sulfate, calcium and nitrate, while the wet deposition in the case of chloride and ammonium ions.

✳

Химический состав атмосферных осадков и осаждение следовых концентраций веществ в Будапеште. Результаты исследований химического состава атмосферных осадков, проводящихся в Будапеште уже 13 лет, позволяют делать вывод о том, что отложение следовых концентраций различных веществ в атмосфере и концентрация осажденной воды имеют отрицательный тренд. Это не согласуется с фактом постоянно увеличивающегося быброса вредных примесей (в частности серы). Это противоречие, по всей вероятности, связано с прочими метеорологическими параметрами (напр. с изменением условий циркуляции). На годовой ход концентраций и осаждений влияют естественные источники летом, антропогенное загрязнение воздуха — зимой, и, вероятно, эффекты верхней части атмосферы — весной. Концентрации, осаждения и удельная проводимость могут быть подразделены на две составляющие: на составляющие, представляющие собой сухой и мокрый фоллаут, соответственно. Удельная проводимость обусловливается сухим и мокрым осаждением приблизительно в равной пропорции. В среднем количестве осадков для ионов сульфата, кальция и нитрата более значительную роль играет сухое, а для ионов хлорида и аммония — мокрое осаждение.

✳

Közismert, hogy a légkör a fő összetevőkön kívül kis mennyiségben nyomanyagokat is tartalmaz. Ezek különböző halmazállapotúak lehetnek, azaz gázok, illetve folyadék és szilárd halmazállapotú aeroszol-részecskék. Bár a nyomanyagok koncentrációja igen kicsi a fő összetevőkhöz képest, hatásuk még is nagy (például ezek okozzák a légszennyeződést, számos légköri folyamat szabályozásában játszanak fontos szerepet stb.).

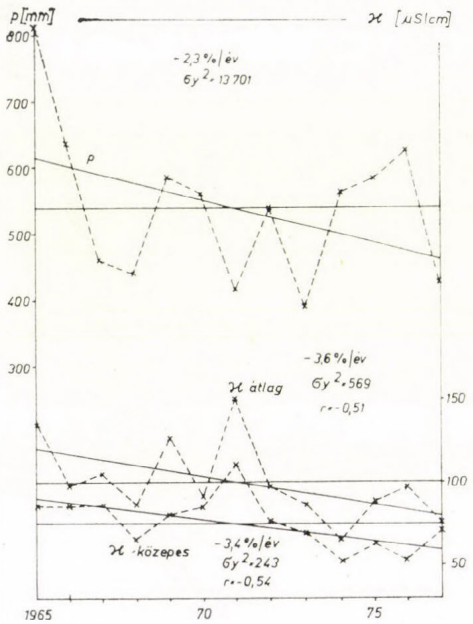
Ezeknek a légköri összetevőknek körforgalmuk van a légkör, a talaj- és vízrendszerek, illetve a bioszféra között. A körforgalomnak egyik ága a lég-

körből való kikerülés, amelyet depozíciónak nevezünk, ez két részre bontható. Egyik a gázok és aeroszol-részecskék száraz depozíciója, a másik pedig a csapadék általi nedves depozíció. Ez utóbbi két részből áll:

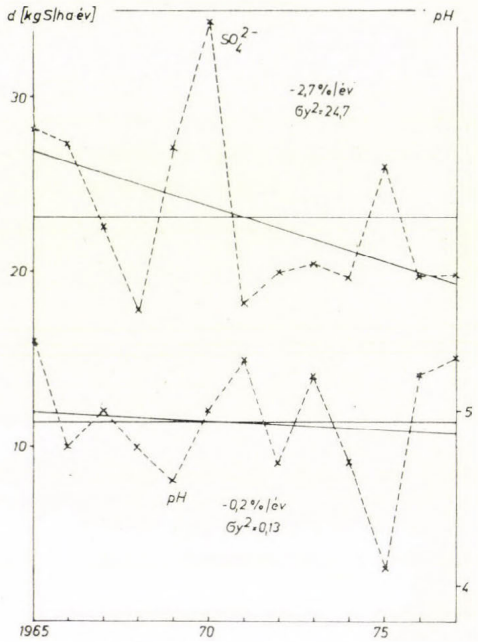
– az aeroszol-részecskék és gázok kimosódása a felhőben,
– az aeroszol-részecskék és gázok kimosódása a felhő alatt, a csapadékhullás során.

A különböző légköri nyomanyagok körforgalmában tehát a csapadéknak alapvetően fontos szerepe van, ezért a körforgalmak földerítéséhez nem nélkülözhetők a csapadékkémiai vizsgálatok.

Budapesten a Központi Légkörfizikai Intézetben 13 éve folynak csapadék-



1. ábra: A csapadékmennyiség és a vezetőképesség trendje



2. ábra: A szulfát ion depozíciójának és a pH- trendje

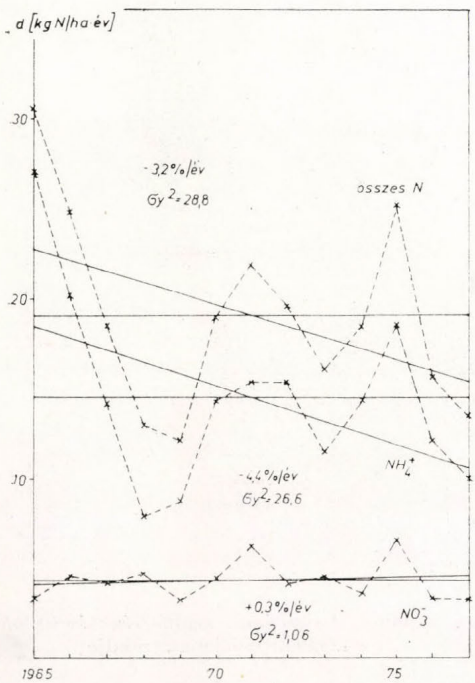
kémiai vizsgálatok. 1965 óta mérjük rendszeresen a havi csapadékvíz pH-ját, fajlagos vezetőképességét és a különféle ionok koncentrációját (szulfát, klorid, nitrát, kálcium, ammónium). Figyelemre méltó, hogy ezek a hosszú távú mérések változatlan analitikai módszerekkel történtek (*Kozák* és *Mészáros* 1971). Egyes ionokra (nitrit, ortofoszfát, kálium, nátrium) csak 7 – 10 éves adatsor áll rendelkezésünkre.

A csapadékmintát 1 méter magasságban elhelyezett nyitott mintavevőben gyűjtöttük, ezért az eredmények magukban foglalják az aeroszol-részecskék száraz depozíciójának a hatását is. A gáz depozíciónak viszont csak egy részét tartalmazzák, mivel ennek mértéke valószínűleg nagyobb a talajon, növényzeten és vízrendszereken, mint a mintavevő tölcséren. Ez a hatás a nitrogén tartalmú ionoknál, valamint a klorid és szulfát ionnál jelentkezik. Ugyanis a légköri nyomgázok (ammónia, nitrogén-monoxid, nitrogén-dioxid, klór, kén-dioxid) depozíciójuk után átalakulhatnak a fenti ionokká.

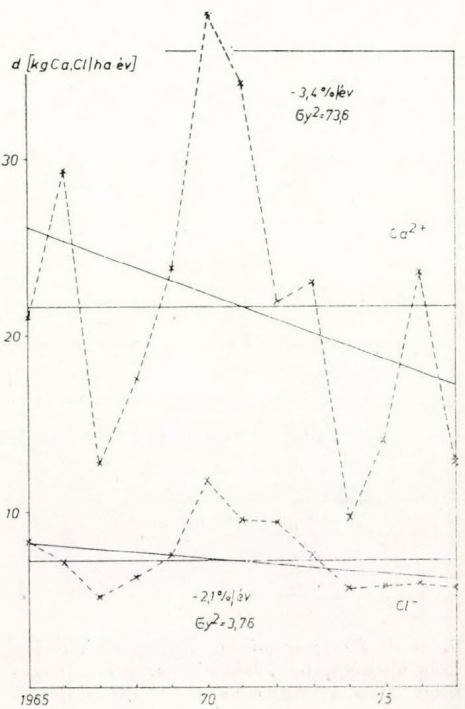
A vizsgálatok során megállapítottuk a csapadékvíz fajlagos vezetőképességének, a különböző ionok koncentrációjának és depozíciójának időbeli változását, évi menetét és a csapadékmennyiségtől való függését.

1. *A csapadékvíz kémiai összetételének és a légköri nyomanyagok depozíciójának trendje*

A nyomanyagok depozíciójának és a csapadékvíz koncentrációjának trendjét az éves értékekből állapítottuk meg, amelyet a havi adatokból számoltunk ki.



3. ábra: Az ammónium, nitrát és nitrit ion depozíciójának, valamint az ezekből számolt összes nitrogén depozíciójának trendje



4. ábra: A kálcium és a klorid ion depozíciójának trendje

Az éves közepes fajlagos vezetőképesség:

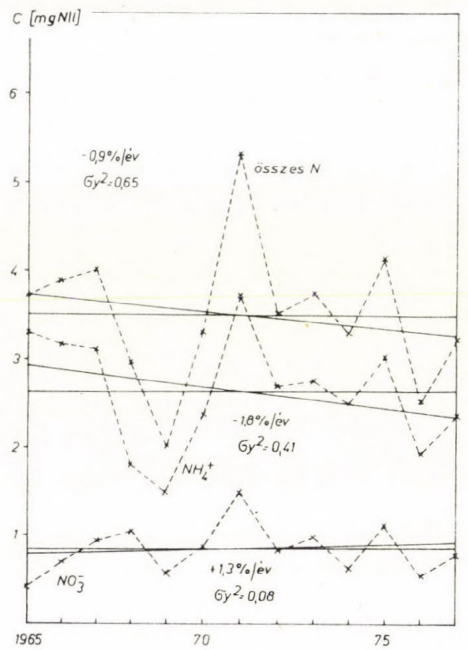
$$\varkappa = \frac{\sum_{j=1}^{12} \varkappa_{i,j} p_{i,j}}{\sum_{j=1}^{12} p_{i,j}} \qquad (1)$$

ahol $\varkappa_i$ a közepes fajlagos vezetőképesség az i-edik évben (μS/cm), $\varkappa_{i,j}$ a j-edik havi fajlagos vezetőképesség az i-edik évben, (μS/cm), $p_{i,j}$ a j-edik havi csapadékmennyiség az i-edik évben (mm).

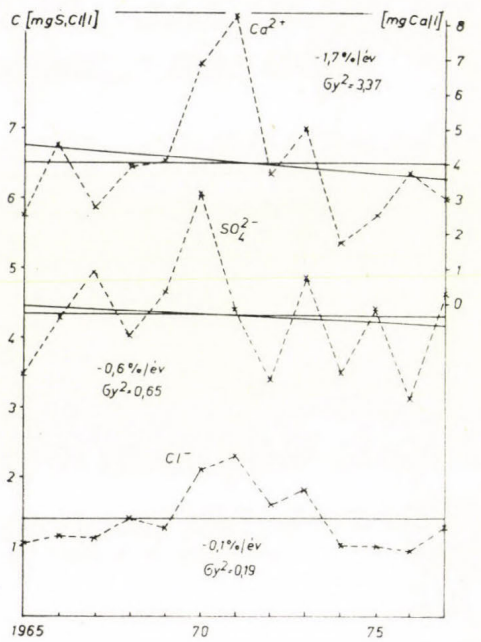
Az éves depozíció:

$$d_i = \frac{1}{100} \sum_{j=1}^{12} c_{i,j}\, p_{i,j} \qquad (2)$$

ahol d_i az i-edik évi depozíció (kg/ha·év), $c_{i,f}$ a j-edik havi koncentráció az i-edik évben (mg/l), $p_{i,j}$ a j-edik havi csapadékmennyiség az i-edik évben (mm).



5. ábra: Az ammónium, nitrát és nitrit ion koncentrációjának, valamint az ezekből számolt összes nitrogén koncentrációjának trendje



6. ábra: A kálcium, szulfát és klorid ion koncentrációjának trendje

Az éves közepes koncentráció:

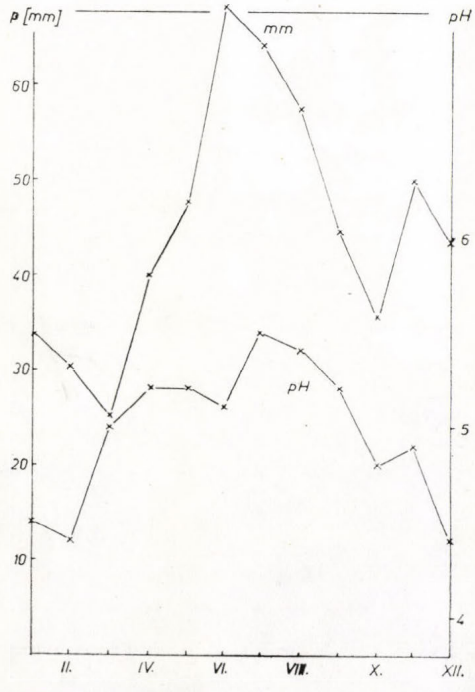
$$c_i = \frac{\sum_{j=1}^{12} c_{i,j} \cdot p_{i,j}}{\sum_{j=1}^{12} p_{i,j}} \qquad (3)$$

ahol C_i a közepes koncentráció az i-edik évben (mg/l), $p_{i,j}$ a j-edik havi csapadékmennyiség az i-edik évben (mm).

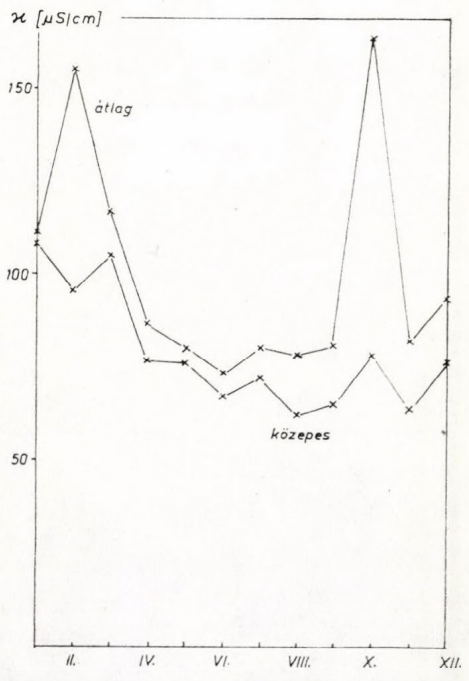
A lineáris trendelemzést a legkisebb négyzetek módszerével húzott regressziós egyenes segítségével végeztük. Ennek az egyenesnek a meredeksége a lineáris trend, melyet %/év-ben fejeztünk ki. Az *1. ábrán* látható a csapadékmennyiség és az átlag illetve a közepes fajlagos vezetőképesség időbeli válto-

zása, a *2—6. ábrán* a különböző komponensek depozíciójának és koncentrációjának változása. Az ábrákon feltüntettük a trend értékeket és a szórás négyzetét, valamint az átlagértékeket.

Az ábrákból látható, hogy a koncentrációk az időben általában kismértékben csökkennek. Ennek összhatásaként a fajlagos vezetőképesség is csökken, jóval nagyobb mértékben, mivel utóbbi a csapadékvíz össziontartalmától függ. A vezetőképesség csökkenése egyébként statisztikailag szignifikáns kapcsolatot jelent, ellentétben a többi mennyiség változásával.



7. ábra: A csapadékmennyiség és a pH évi menete



8. ábra: A vezetőképesség évi menete

A csapadékmennyiség is csökkenő tendenciát mutat az utóbbi években. A koncentrációk és a csapadékmennyiség változása a depozíciók trendjében még jobban tükröződik, mivel utóbbi a (2) összefüggés szerint előző kettővel arányos. Jelentős mértékű depozíció csökkenés tapasztalható a szulfát ionnál. Skandináviai vizsgálatok szerint is csökken illetve nem változik a szulfát depozíció az általunk vizsgált években (*Granat* 1977). Ha az egyre növekvő kéndioxid emissziót figyelembe vesszük, depozíció növekedést várnánk. Jelentős még a kálcium és ammónium ion depozíció csökkenése is.

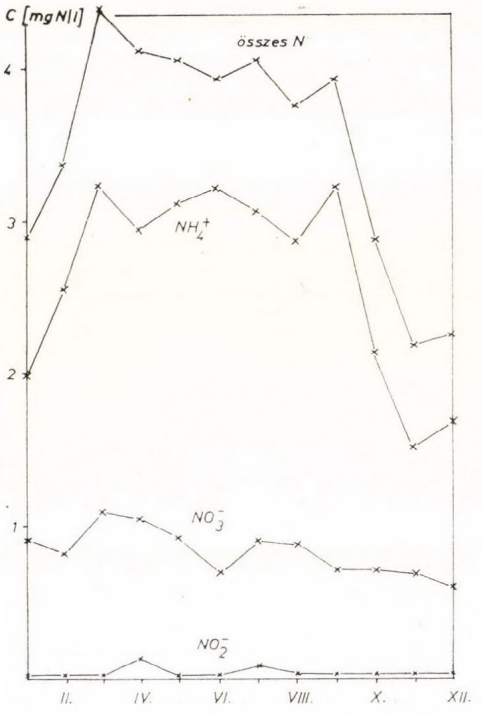
Ha a természetes úton a légkörbe került nyomanyagok forrásintenzitását állandónak feltételezzük az általunk vizsgált időszakban akkor a csökkenő trendeknek két fő oka lehet

— a légszennyeződés csökkenése,
— az általános cirkulációs viszonyok megváltozása.

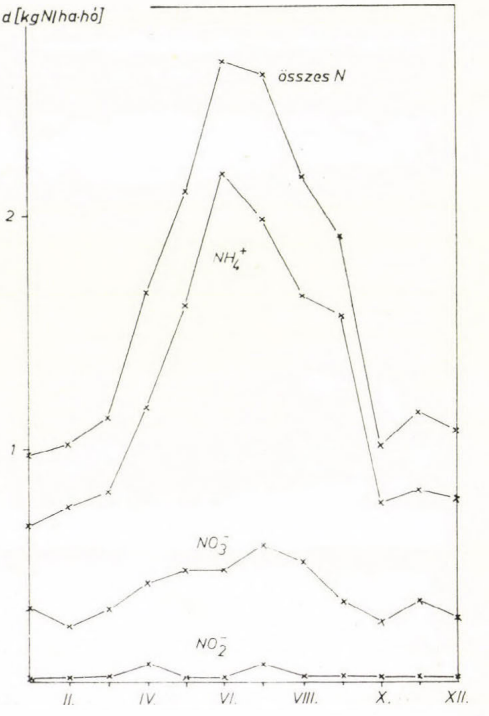
Nem valószínű, hogy a légszennyeződés az utóbbi években csökkent volna, inkább feltételezhető, hogy a második változás hatásával magyarázható a kon-

centrációk csökkenése, továbbá a csapadékmennyiség negatív trendje és e kettő eredőjeként a depozíciók elég nagymértékű csökkenése.

A rendelkezésünkre álló 13 évi adatsor alapján tehát megállapítható, hogy a nyomanyagok koncentrációja és depozíciója általában csökken. A további évekre azonban ezekből az adatokból nem lehet extrapolációval előre jelezni a változást.



9. ábra: Az ammónium, nitrát és nitrit ion, valamint az ezekből számolt összes nitrogén koncentrációjának évi menete



10. ábra: Az ammónium, nitrát és nitrit ion, valamint az ezekből számolt összes nitrogén depozíciójának évi menete

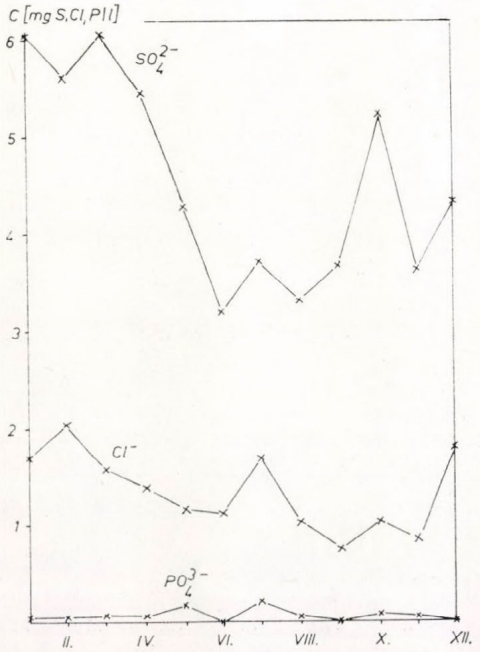
2. *A csapadékvíz kémiai összetételének és a légköri nyomanyagok depozíciójának évi menete*

A nyomanyag depozíció és a csapadékvíz koncentráció évi menetének megállapításához kiszámítottuk a havi közepes értékeket. A havi közepes fajlagos vezetőképesség:

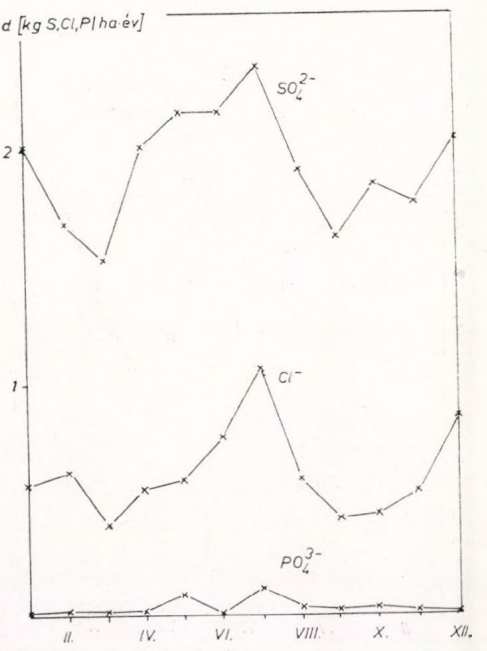
$$\varkappa_j = \frac{\sum_{i=1}^{n} \varkappa_{i,j} \cdot p_{i,j}}{\sum_{i=1}^{n} p_{i,j}} \qquad (4)$$

ahol $\varkappa_j$ a közepes fajlagos vezetőképesség j-edik hónapban (μS/cm), $\varkappa_{i,j}$ az i-edik évi fajlagos vezetőképesség a j-edik hónapban (μS/cm), $p_{i,j}$ az i-edik évi csapadékmennyiség a j-edik hónapban (mm).
A havi depozíció:

$$d_j = \frac{1}{100n} \sum_{i=1}^{n} c_{i,j} \cdot p_{i,j}, \tag{5}$$



11. ábra: A szulfát, klorid és ortofoszfát ion koncentrációjának évi menete



12. ábra: A szulfát, klorid és ortofoszfát ion depozíciójának évi menete

ahol d_j a depozíció a depozíció a j-edik hónapban (kg/ha·hó), $c_{i,j}$ az i-edik évi koncentráció a j-edik hónapban (kg/ha·hó), $p_{i,j}$ az i-edik évi csapadékmennyiség a j-edik hónapban (mm), n az évek száma.
A havi közepes koncentráció:

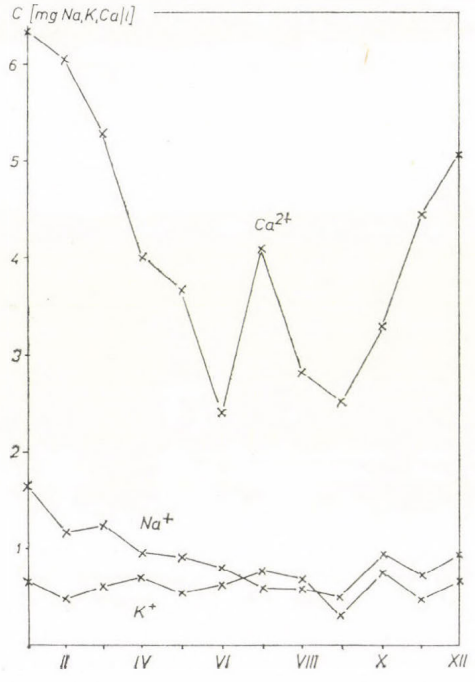
$$c_j = \frac{\sum_{i=1}^{n} c_{i,j} \cdot p_{i,j}}{\sum_{i=1}^{n} p_{i,j}}, \tag{6}$$

ahol c_j a közepes koncentráció a j-edik hónapban (mg/1), $c_{i,j}$ az i-edik évi koncentráció a j-edik hónapban (mg/1), $p_{i,j}$ az -i-edik évi csapadékmennyiség a j-edik hónapban (mm).

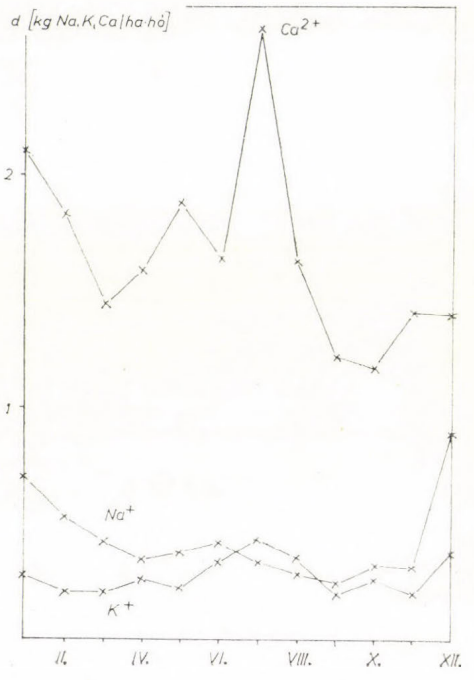
Az évi menetek a *7 — 14.* ábrán láthatók. A *7. ábra* szerint a csapadék-

mennyiség nagy része a nyári félévben hullik. Ez erősen befolyásolja a depozíciót és a fajlagos vezetőképességet. A depozíció ugyanis egyenesen, a fajlagos vezetőképesség fordítottan arányos a csapadékmennyiséggel, ezért az előbbinek nyári maximuma és téli minimuma van, utóbbinak fordítva.

A *pH* évi menetének nyáron van a maximuma és télen a minimuma. Korábbi vizsgálatok szerint a *pH*-t az ammónium, kálcium, szulfát és nitrát



13. ábra: A kálcium, nátrium és kálium ion koncentrációjának évi menete



14. ábra: A kálcium, nátrium és kálium ion depozíciójának évi menete

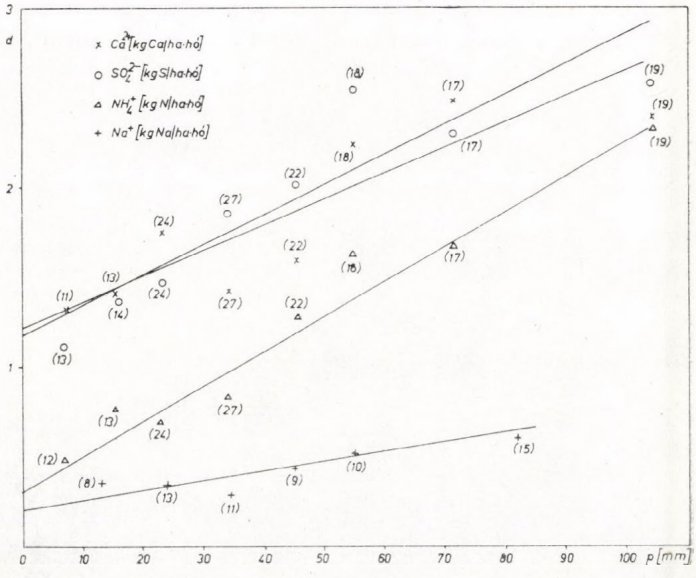
ionok koncentrációja szabályozza. *Kozák* és *Mészáros* (1971) vizsgálatai alapján minél nagyobb a kálcium és ammónium ionok összegének valamint a szulfát és nitrát ionok összegének aránya, annál nagyobb a *pH*. A kálcium téli koncentrációmaximumától eltekintve a *pH* évi menete ebben az esetben is a fenti okokra vezethető vissza.

Az ammónium koncentrációnak erős a nyári maximuma. Nyáron ugyanis a talajokból a megnövekedett biológiai aktivitás hatására felszabaduló ammónia elnyelődik a cspadékcseppekben illetve a felhőcseppekben és ammóniummá alakul (*Dobolyi* és *Horváth* 1978). A többi ion nyári maximumát is valószínűleg a talajeredetű források intenzitásának növekedése okozza. A téli maximumok részben a kisebb csapadékmennyiség, részben a megnövekedett antropogén szennyeződés következményei, például a szulfát ion esetében, amelynek téli maximuma a nagyobb téli kén-dioxid kibocsátás eredménye.

A tavaszi nagy nitrát, szulfát és ammónium koncentrációk viszont valószínűleg a sztratoszférikus eredetű ózon hatására vezethetők vissza. *Mészáros* (1974) szerint ugyanis föltételezhető, hogy a sztratoszférikus eredetű ózon, amelynek koncentrációja a troposzférában ezekben a hónapokban maximális,

a cseppekben elnyelődve nitrogén-dioxid és kén-dioxid tartalmukat nitráttá, valamint szulfáttá oxidálja, a keletkező hidrogén ionok pedig elősegítik az ammónia abszorbcióját és átalakulását ammóniummá.

A depozíciók nyári nagyobb és téli kisebb maximuma szintén a fenti okokkal magyarázható, természetesen itt a csapadék mennyisége jelentősen befolyásolja az értékeket. Legjelentősebb az összes nitrogén depozíció változása,



15. ábra: A kálcium, szulfát, ammónium és nátrium ion depozíciójának függése a csapadékmennyiségtől

amelynek értéke a nyári hónapokban körülbeül két és félszer nagyobb, mint a téli hónapokban. Az összes nitrogén értékeket egyébként az ammónium, a nitrát és a nitrit ionok összegéből határoztuk meg.

3. A csapadékvíz kémiai összetételének és a légköri nyomanyagok depozíciójának függése a csapadékmennyiségtől

a) *A depozíció függése a csapadékmennyiségtől.* A nyomanyagok depozíciója két részből tevődik össze:

$$d = d_n + d_{sz}, \tag{7}$$

ahol d_n a nedves depozíció (amely egyenesen arányos a csapadékmennyiséggel), d_{sz} a száraz depozíció (nulla csapadékmennyiségre vonatkoztatva).

Ha a depozíciót ábrázoljuk a csapadékmennyiség függvényében, egyenest kapunk, amelynek tengelymetszete a száraz depozíciót adja meg. Mivel a depozíciót a koncentráció és a csapadékmennyiség szorzataként állítjuk elő, d_n a következőképpen írható:

$$d_n = \frac{c_n \cdot p}{100}, \tag{8}$$

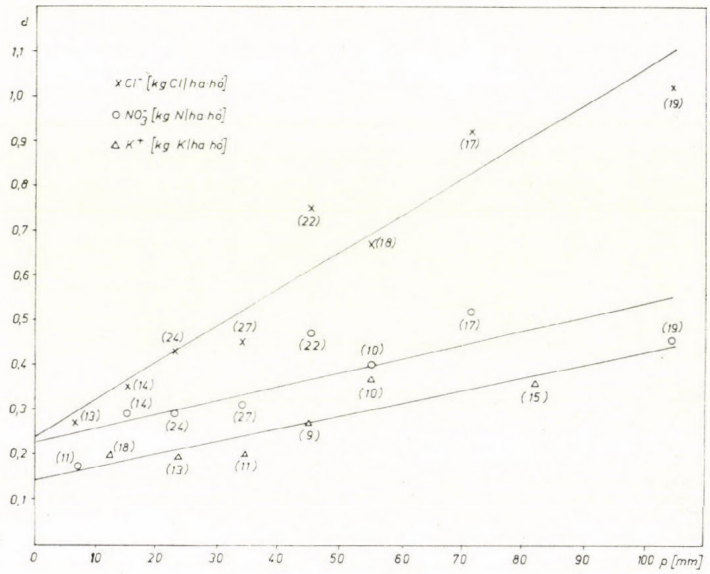
ahol c_n a csapadékvízben kialakult koncentráció a száraz ülepedés hatása nélkül

(mg/l). A depozíció kg/ha·hó-ban, a csapadékmennyiség mm-ben van kifejezve; c_n a csapadékvíz átlagos koncentrációjának tekinthető, és elméletileg azonos azzal a koncentrációval, amelyet zárt (csak csapadékhullás alatt nyitva levő) mintavevők esetében kapunk.

A depozíció ezek szerint a következő lesz:

$$d = \frac{c_n \cdot p}{100} + d_{sz} \tag{9}$$

A havi depozíciókat a csapadékmennyiség szerint 8 intervallumba osztot-

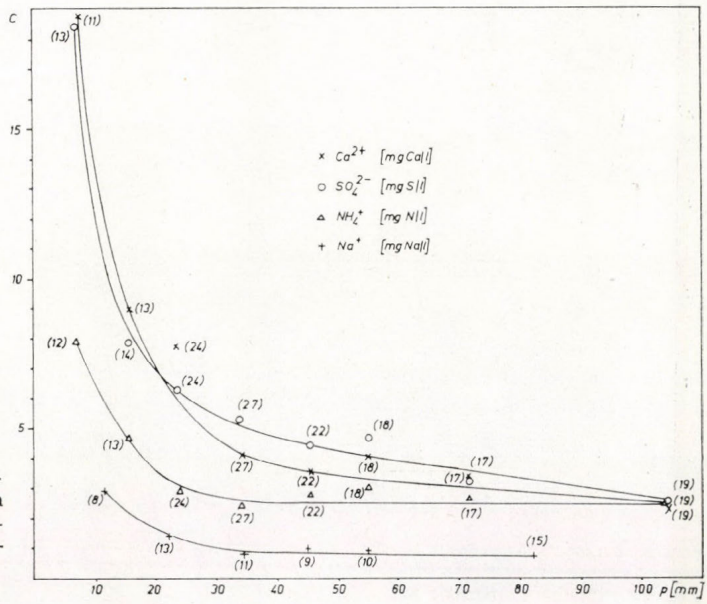


16. ábra: A klorid, nitrát és kálium ion depozíciójának függése a csapadékmennyiségtől

tuk. Az egy-egy intervallumba tartozó értékekből átlagokat képeztünk. Az átlag depozíciókat ábrázoltuk az átlag csapadékmennyiség függvényében. A (9) összefüggés alapján egyeneseket kaptunk, amelyek a *15.* és a *16. ábrán* láthatók. A zárójelben levő szám az adott intervallumba tartozó havi értékek számát jelenti. A tengelymetszetből számított d_{sz} valamint a meredekségből számított c_n értékek a *táblázat*ban találhatók. Ugyancsak itt láthatók az átlagos havi csapadékmennyiségre (45 mm) vonatkoztatott depozíciók, és a száraz

ion	d_{sz}	c_n	$\bar{d}$	d_{sz}%
SO_4^{2-}	1,21	1,56	1,91	63
Ca^{2+}	1,25	1,28	1,84	68
NH_4^+	0,35	1,93	1,22	29
NO_3^-	0,23	0,30	0,37	62
Cl^-	0,24	0,82	0,61	39
Na^+	0,23	0,44	0,52	44
	0,14	0,29	0,27	52

ülepedés százaléka, abban az esetben, ha az előbbi mennyiséget 100%-nak vesszük. A táblázat adatai szerint a szulfát, kálcium és nitrát ionok száraz ülepedése átlagos csapadékmennyiségnél körülbelül 2/3-a az összes depozíciónak, ezeknél a komponenseknél tehát az aeroszol-részecskék száraz kihullása nagyobb mértékű, mint a nedves kimosódás. Az ammónium és klorid ionok esetében viszont a száraz ülepedés kisebb mértékű, e két ion esetében a depozíciót az ammónia és a klór gázok cseppekben történő abszorpciója szabályozza, a klorid és ammónium tartalmú részecskék száraz kihullása ezekhez képest kisebb jelentőségű. A nátrium és kálium esetében a kétféle kikerülési mechanizmus hatása körülbelül azonos.



17. ábra: A kálcium, szulfát, amónimum és nátrium ion konentrációjának függése a csapadékmennyiségtől

b) *A koncentráció függése a csapadékmennyiségtől.* A csapadékvízben kialakult koncentráció két részből tevődik össze:

$$c = c_n + c_{sz}, \tag{10}$$

ahol c_n a nedves, c_{sz} pedig a száraz depozíció hatására kialakult koncentráció. c_{sz} függ a csapadékmennyiségtől:

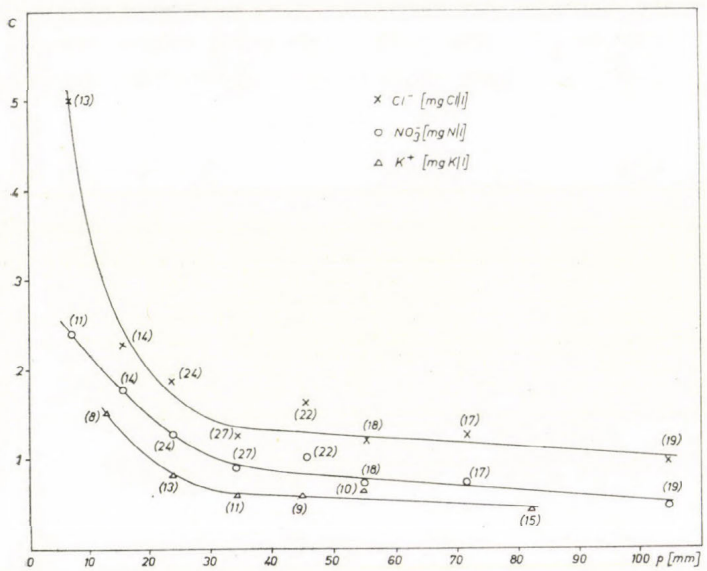
$$c_{sz} = \frac{100\ d_{sz}}{p} \tag{11}$$

A koncentráció tehát fordítottan arányos a csapadékmennyiséggel, az alábbi összefüggés szerint:

$$c = \frac{100\ d_{sz}}{p} + c_n \tag{12}$$

Utóbbi egyenlet a (9) összefüggésből és a depozíció alapegyenletéből ($d = c \cdot p/100$) levezethető.

Ha a koncentrációt ábrázoljuk a csapadékmennyiség függvényében, hiperbolát kapunk. A havi koncentrációkat a depozíciókhoz hasonlóan intervallumokra osztottuk, és az átlagokat ábrázoltuk az átlag csapadékmennyiségek függvényében. A hiperbolák a *17.* és a *18. ábrán* láthatók. $p = 0$ értéknél a görbe a végtelenhez, míg $p \to \infty$ esetén aszimptotikusan c_n-hez tart.



18. ábra: A klorid, nitrát és kálium ion koncentrációjának függése a csapadékmennyiségtől

c) *A fajlagos vezetőképesség függése a csapadékmennyiségtől.* A fajlagos vezetőképesség az ionok koncentrációjával és mozgékonyságával arányos (*Erdey-Grúz* és *Schay* 1962)

$$\varkappa = 10^{-13} \sum_i c_i \cdot u_{i,o} \tag{13}$$

ahol $\varkappa$ a fajlagos vezetőképesség (μS/cm), c_i az i-edik ion koncentrációja (mg/l), u_i az i-edik ion végtelen hígításra vonatkozó relatív mozgékonysága (cm^2/Ω)

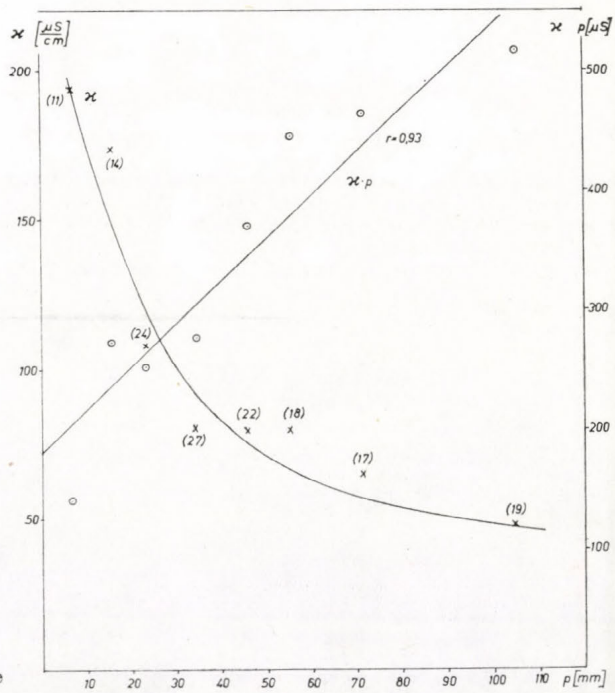
(12) és (13) egyenletekből levezethető az alábbi összefüggés:

$$\varkappa = (0{,}1 \sum_i d_{sz,i} \cdot u_{i,o}) \frac{1}{p} + 10^{-3} \sum_i u_{i,o} \cdot c_{n,i} \tag{14}$$

ahol $d_{sz,i}$ az i-edik ion száraz depozíciója (kg/ha·hó), $c_{n,i}$ az i-edik ion nedves depozíció hatására kialakult koncentrációja (mg/l).

A (14) összefüggés szerint a fajlagos vezetőképesség fordítottan arányos a csapadékmennyiséggel. Ha a vezetőképességet a csapadékmennyiség függvényében ábrázoljuk, a fent ismertetett intervallumokra való bontás után, hiperbolát kapunk *(19. ábra)*. Ahhoz, hogy a (14) egyenlet paramétereit meghatá-

rozzuk, a hiperbolát linearizálni kell. Ez úgy érhető el, hogy az összefüggést végigszorozzuk p-vel, és $\varkappa \cdot p$-t ábrázoljuk p függvényében. Ekkor egyenest kapunk, amelynek a tengelymetszete $0{,}1 \sum_i d_{sz,i}\, u_{i,o}$, meredeksége pedig $10^{-3} \sum_i u_{i,o}\, c_{n,i}$ lesz. Előbbi a száraz depozíció hatását tükrözi, értéke 1793 $\mu S/cm$, utóbbi a csapadékvíz átlagos vezetőképessége száraz depozíció nélkül. A vezetőképesség is felírható a száraz és nedves depozíció hatásának összegeként:



19. ábra: A vezetőképesség függése a csapadékmennyiségtől

$$\varkappa = \varkappa_{sz} + \varkappa_n = \frac{1793}{p} + 36{,}1 \qquad (15)$$

Átlagos csapadékmennyiség (45 mm) esetén az előző egyenlet segítségével kiszámítható, hogy a száraz depozíció 52%-a az összesnek. A száraz és nedves ülepedés tehát körülbelül megegyezik egymással. Ezt újabb, nemrég elkezdett vizsgálataink is igazolják, melyeket párhuzamosan működő nyitott és zárt mintavevőkkel végzünk.

4. Összefoglalás

A 13 éve tartó budapesti csapadékkémiai vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a különféle légköri nyomanyagok depozíciójának és a csapadékvíz koncentrációjának negatív trendje van. Ez nem egyeztethető össze azzal a ténnyel, hogy a szennyezőanyagok emissziója (különös tekintettel a kénre)

egyre nő. Valószínű, hogy egyéb meteorológiai paraméterek felelősek ezért az ellentmondásért (például a cirkulációs viszonyok megváltozása).

A koncentrációk és depozíciók évi menetét nyáron a természetes források, télen az antropogén szennyeződés, tavasszal pedig valószínűleg felsőbb légköri hatások befolyásolják.

A koncentrációk, a depozíciók és a fajlagos vezetőképesség két tagra bontható, a száraz és nedves kihullás hatását reprezentáló tagokra. A fajlagos vezetőképesség körülbelül fele-fele arányban a száraz és nedves depozíció hatásaként alakul ki. A szulfát, kálcium és nitrát ionok esetén a száraz, a klorid és ammónium ionok esetén inkább a nedves ülepedés a nagyobb átlagos csapadékmennyiség esetén.

IRODALOM

Kozák M. – Mészáros E. (1971): Magyarországi csapadékvizek kémiai összetétele és mezőgazdasági jelentősége. *Agrokémia és Talajtan 20*, 239 – 252.

Granat, L. (1978): Sulfate in precipitation as observed by the European atmospheric chemistry network. *Atmospheric Environment 13*,

Dobolyi E. – Horváth L. (1978): Légkörből közvetlenül a Balatonba jutó szervetlen növényi tápanyag mennyiségének (P, N) vizsgálata *Hidrológiai Közlöny*

Mészáros E. (1974): On the spring maximum of the concentracion of trace constituents in atmospheric precipitation *Tellus 24*, 402 – 407.

Erdey – Grúz T. – Schay G. (1962): Elméleti Fizikai Kémia *Tankönyvkiadó*, Budapest

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata, 82. évf. 4. szám. 1978. július—augusztus
Journal of the Meteorological Service, Vol. 82, No 4. July—August 1978 Budapest

Actual evapotranspiration from wheat crop and its relationship with estimates based on empirical formulae

K. ANAND REDDY and A. VENKATACHARI, *Department of Agronomy Andra Pradesh Agricultural University, Hyderabad, India*

Búzaállomány tényleges evapotranspirációja és ennek összefüggése a tapasztalati formulákra alapozott becslésekkel. A tanulmány Indiában végzett agrometeorológiai kísérletek eredményeit tárgyalja. A szerzők által végzett szántóföldi kísérlet célja volt a búza tényleges evapotranspirációjának meghatározása termogravimetriás eljárással, s az eredmények összevetése a különböző számítási módszerekkel kapott adatokkal. A tényleges evapotranspirációt különböző búzafajták bevonásával vizsgálták. A kísérletek kiterjedtek a vetési időpontokra, a növényállomány sűrűségére, a vetési módszerekre, valamint a különböző mértékű nedvességellátottságra (különböző vízmennyiséggel történt öntözésre). Ugyanezen búzaállományok evapotranspirációját összevetették a szabadvízfelszín evaporációjával, a Blaney—Criddle formulával, a Hargreaves módszerrel és egy indiai empirikus eljárással számított evapotranspirációs adatokkal. A kapott adatokat a táblázat tartalmazza. Az itt közölt értékek interpretálásával foglalkoznak a szerzők részletesebben is. A szerzők legfőbb megállapítása az volt, hogy a búza esetében a számítási módszerek csakis akkor használhatók, ha az állomány vízfogyasztását hosszabb időszakra számítják ki, pl. az egész tenyészidőszakra. Az empirikus módszerek elsősorban az öntözési tervezésekhez alkalmazhatók, öntözési üzemeltetésekhez azonban csak nagyobb hibával.

⁂

Эффективное суммарное испарение пшеницы и его соотношение с оценками, основывающимися на эмпирических формулах. В работе рассматриваются результаты агрометеорологических экспериментов, проведенных в Индии. Целью полевых экспериментов, выполненных авторами, были определение эффективного суммарного испарения пшеницы с использованием термогравиметрического метода, а также сопоставление результатов с данными, полученными при применении различных методов вычислений. Эффективное суммарное испарение изучалось для различных сортов пшеницы. Эксперименты были распространены на сроки посева, плотность культуры, методы посева, а также на различную степень водоснабжения (орошение различным количеством воды). Суммарное испарение пшеницы было сопоставлено с испарением с свободной поверхности воды, а также с величинами суммарного испарения, полученными формулой Блэни-Криддл, методом Харгревса и разработанным в Индии эмпирическим приемом. Полученные результаты содержатся в таблице. Интерпретация приведенных в ней величин рассматриваются авторами более подробно. Основным выводом, сделанным авторами, заключается в том, что методы вычислений могут использоваться только в том случае, если водопотребление культуры вычисляется для довольно длительного периода, напр. для всего вегетационного периода. Эмпирические методы могут применяться главным образом при проектировании орошения, но при их использовании для проведения орошения возникают значительные погрешности.

⁂

Reasonable estimates of PE can be made only over relatively long periods of times usually for a season or a part of it. Information thus obtained is useful

in planning irrigation projects etc., but generally it is inadequate for developing specific irrigation schedules. Evaporation from U. S. Standard open pan evaporimeter takes into account the effects of advective energy alongwith the other meteorological parameters; it may be inferred that pan evaporimeter may serve as a better guide for scheduling irrigation. The evapotranspiration coefficients in various estimates decreased as the available soil moisture depletion regimes increased. This indicated that climatological approach to estimate the water needs of the crops implies at adequate soil moisture.

Evapotranspiration (ET) primarily depends on climatic parameters. Different formulae have been developed to estimate the potential evapotranspiration (PE), but most of them have some limitations for their use in predicting the evapotranspiration of a crop. This fact necessiated the establishment of relationship between actual evapotranspiration and various estimates based on empirical formulae. *Prashar* and *Singh* (1963) reported that the ratios with *Penman* method ranged from 0,63 to 0,80 and 0,58 to 0,81 respectively in two years study on wheat. Bot the pan evaporimeter as well as *Blaney* and *Criddle* formulae estimates were found to be useful in estimating evapotranspiration of wheat crop (*Singh*, 1968). *Srivastava* (1972) reported that the PE estimated by *Penman* method and *Blaney* and *Criddle* method gave close relationship at 40% and 70% depletion regimes respectively, whereas, *Thorntwaite* method underestimated for both the regimes for wheat. *Cheema* and *Moolani* (1973) reported that the ratios of ET and PE were in line with the trends of ET i. e. decreased successively from 50 % to 90 % depletion of soil moisture. They recommended open pan evaporimeter as a good guide for scheduling irrigation. *Murthy et al.* (1972) developed an empirical formula by a regression equation using maximum temperature, daily temperature range and extra-terrestrial radiation, and reported an excellent fit over different states in India. The regression equation was originally developed by *Baier* and *Robertson* (1965) showed a good fit in many states of Canada.

Materials and methods

These studies were undertaken at the College of Agriculture, Hyderabad, India (18°58' N latitude, 77°55' E longitude and 542 meters mean sea level), during 1971 – 72 and 1972 – 73 winter season as a part of regular experiment in thres separate experiments laid out statistically. The details of the experiments are as under:

1. Studies on the effect of dates of sowing and soil moisture regimes on the growth and yield of mexican wheat R. R. 21. The experiment was laid out during 1971 – 72 winter factorial randomised block design, replicated four times, with three dates of sowing (10th, 25th November and 10th December) and three moistura regimes (40, 60 and 80 % depletion of available soil moisture).

2. Studies on the seeding dates, seed rates, seeding methods and moisture regimes on the performance of wheat variety Heera. The experiment was laid out during 1972 – 73 winter in a split plot design replicated thrice. Four dates of seeding (1st October, 1st November, 1st December and 1st January) and two seed rates (100 and 200 kg/ha) were tried as main plot treatments, while two moisture regimes (40 and 80 % ASMD regimes) and two seeding methods (line seeding and criss-cross seeding) were taken as sub-plot treatments.

3. Studies on the suitability of wheat varieties for different seeding dates and moisture regimes. The experiment was laid out during 1972 – 73 winter in

split-plot design replicated thrice. Four seeding dates (1st October, 1st November, 1st December and 1st Jan.) and three wheat varieties (Kalyan Sona, Heera and R. R. 21) as main plot treatments and two moisture regimes (40 % and 80 % ASMD regimes) as sub-plot treatments.

Soil of the experimental sites were sandy loam with the following physical characteristics and single value constants:

Mechanical analysis		*Single value constants*	
Coarse sands	55 to 60 %	Field capacity	15 to 16 %
Fine sand	3 to 5 %	Wilting point	4 to 6 %
Silt	5 to 10 %	Bulk density	1,5 to 1,6gr/c
Clay	27 to 33 %		

The observed consumptive use by gravimetric method was compared with that of evaporation from open pan (*Sharma* and *Dastane*, 1970), estimated ET by *Blaney* and *Criddle* (*Singh*, 1968), PE regression equation (*Murthy et al.*, 1972) and *Hargreawas* method. The daily maximum and minimum temperatures and evaporation from open pan were minimum during November and December, whereas in October and from January onwards the values were on the upper side which attained maximum towards the end of March. Observations on ET were commenced from 15 days of crop age and continued till harvest. One post sowing irrigation of 50 mm was given to all treatments just after sowing was accounted for and there was no groundwater contribution.

Results and discussion

The seasonal evaportranspiration computed by gravimetric method and estimates obtained with other methods together with the ratios are presented in *table I*.

The seasonal evapotranspiration increased in both the years with delayed sowing from 10th November to 10th December (1971 – 72) and 1st November to 1st January as well as early sowing on 1st October (1972 – 73). Among the moisture regimes, the consumptive use of water was maximum at 40 % depletion regime in both the years followed by 60 % depletion regime during 1971 – 72, and minimum was in 80 % depletion regime. Evaporation from open pan ranged from 500 – 534 mm for 10th November and 10th December sown crops respectively during 1971 – 72, while it ranged from 392 to 594 mm for 1st October and 1st January sown crops respectively during 1972 – 73.

Evapotranspiration estimated by *Blaney* and *Criddle* method ranged from 340 to 369 mm (1971 – 72) and 368 to 421 mm (1972 – 73) in different seeding dates, which was nearly equal to consumptive use estimated by gravimetric method under 40 % depletion regime at optimum seeding dates. Among the dates of sowing, the computed evapotranspiration values were slightly higher than the values estimated by soil moisture studies.

PE estimated by regression equation was maximum for 25 th Nov. sown crop (349 mm) followed by 10th December sown crop (341 mm) and minimum was for 10th November sown crop (332 mm) during 1971 – 72. Whereas, during 1972 – 73 the value was maximum (383 mm) for 1st Oct. seeding followed by 1st November (324 mm) and 1st January (339 mm) seeding and the minimum value being recorded by (332 mm) 1st Dec. seeding. The PE values increased with delayed sowings because of increase in maximum and minimum tempera-

tures during the later part of the crop in 1971 – 72. Similarly the values increased with early sowing in October (383 mm) due to the prevailing higher temperatures during the early part of the crop. The same decreased with 1st November sowing wich is the optimum time of seeding. Whereas the same increased with 1st December and 1st January seeding crop due to prevailing higher temperatures, the estimated values were almost similar to the estimates made with *Blaney* and *Criddle* method.

Hargreaves method indicated maximum evapotranspiration with 10th December seeding crop (356 mm) followed by 25th November (346 mm) and 10th November (281) mm seeding crops during 1971 – 72. Similarly during 1972 – 73 the maximum value of computed evapotranspiration was found with 1st January seeding (346 mm) followed 1st October (288 mm), 1st November (282 mm) and 1st December (268 mm) seedings. The trend clearly indicates

TABLE I.

Evapotranspiration of Water by wheat and its relationship with values obtained from empirical estimates based on climatological approach

Dates of sowing and level of moisture depletion	Seasonal evapotranspiration [mm]					Ratios			
	Gravimetric method [U]	Pan evaporation [E]	Blaney and Criddle method [F]	Regression equation [PE]	Hargreaves method [H]	U/E	U/F	U/PE	U/M
1971 – 72 winter:									
10th Nov. 40%	300	502	341	332	281	0,60	0,88	0,90	1,07
60%	255	502	341	332	281	0,51	0,75	0,77	0,91
80%	210	496	341	332	281	0,42	0,62	0,63	0,75
25th Nov. 40%	306	510	369	349	346	0,60	0,83	0,88	0,88
60%	259	510	369	349	346	0,51	0,70	0,74	0,75
80%	221	499	369	349	346	0,44	0,60	0,63	0,64
10th Dec. 40%	323	529	340	341	356	0,61	0,95	0,95	0,91
60%	280	529	340	341	356	0,53	0,82	0,81	0,78
80%	253	513	340	341	356	0,49	0,74	0,74	0,71
Mean of: 10th Nov.	255	500	341	332	281	0,51	0,75	0,77	0,91
25th Nov.	262	506	369	349	346	0,52	0,71	0,75	0,76
10th Dec.	285	524	340	341	356	0,54	0,84	0,83	0,80
1972 – 73 Winter (Mean of two experiments)									
1st Oct. 40%	325	399	421	383	288	0,81	0,77	0,85	1,13
80%	228	385	421	383	288	0,59	0,54	0,59	0,79
1st Nov. 40%	312	403	368	324	282	0,77	0,85	0,96	1,11
80%	223	395	368	324	282	0,56	0,61	0,69	0,79
1st Dec. 40%	333	471	374	332	268	0,71	0,89	1,00	1,24
80%	250	443	374	332	268	0,56	0,67	0,75	0,93
1st Jan. 40%	348	607	392	339	346	0,57	0,89	1,03	1,01
80%	255	580	392	339	346	0,44	0,65	0,75	0,74
Mean of: 1st Oct.	277	392	421	383	288	0,70	0,66	0,72	0,96
1st Nov.	268	399	368	324	282	0,67	0,73	0,83	0,95
1st Dec.	292	457	374	332	268	0,64	0,78	0,88	1,09
1st Jan.	302	594	392	339	346	0,51	0,77	0,89	0,87

that the higher estimated values are associated with the higher prevailing temperatures during both early and late seeding dates. The evapotranspiration values computed by this method were almost similar to the values estimated by other methods, but it has under-estimated.

The estimates of PE by regression equation method were very close to the actual water use by wheat crop in all dates of seeding. Whereas, the *Blaney* and *Criddle* method and *Hargreaves* method gave little higher and lower values respectively. Data indicates that reasonable estimates of PE can be made only over relatively longer periods of times usually for a season or a part of it. Information thus obtained is useful in planning irrigation projects etc., but generally it is inadequate for the development of specific irrigation schedules. Although the estimates of PE by regression equation were close to the seasonal water use of wheat crop, but this method underestimates the ET during the active growth of the crop. The rate of evaporation from the open pan evaporimeter, altough higher gave a close fit to the evapotranspiration rates of wheat crop during the active growth. As the moisture regime becomes drier, the differences in the actual water use rates and evapotranspiration ratios widend. Since the evaporation from the U. S. standard „A" pan evaporimeter takes into account the effects of advective energy alongwith the other meteorological parameters, it may be inferred that pan evaporimeter may serve as better guide for scheduling irrigation.

The evapotranspiration coefficient variations at 40 % depletion regimes ranged from 0,60 to 0,61, 0,83 to 0,95, 0,88 to 0,95 and 0,88 to 1,07 for pan evaporation, *Blaney* and *Criddle*, Regression equation and *Hargreaves* method respectively during 1971 – 72. While during 1972 – 73 they ranged from 0,57 to 0,81, 0,77 to 0,89, 0,85 to 1,03 and 1,01 to 1,24 for pan evaporation, *Blaney* and *Criddle*, Regression equation and *Hargreaves* method respectively. This regime was found to be an optimum regime as the grain yields declined with increase in the depletion regime both at 60 % and 80 % ASMD. This indicated that climatological approach to estimate water needs of the crops implies at adequate soil moisture.

Acknowledgement: The senior author expresses his gratitude to *Dr. V. K. Vamadevan*, Senior Agronomist, All India Co-ordinated Rice Improvement Project, Hyderabad, India for his suggestions and constructive criticism in preparing this manuscript.

REFERENCES

Baier, W. and *Robertson, G. W.* (1965). Estimation of latent evaporation from simple weather observations. Can. J. Plant Sci. 38: 164 – 172.

Cheema, S. S. and *Moolani, M. K.* (1973). Consumptive use of Sugarcane its relationship with potential evapotranspiration values based on climatological approach. Seminar on Surgance held on 5. 1. 73 at Institute of Agril. Technologist, Mandya.

Murthy, B. S., Banarjee, J. R. and *Singh, A.* (1972). An empirical method to estimate evapotranspiration. Indian Meteorological Departement. Pre-published scientific Report No. 183.

Prashar, C. R. K. and *Singh, M.* (1963). Relationship between the consumptive use of water by wheat and evapotranspiration from weather data. Indian J. Agri. Sci. 33: 14 – 54.

Sharma, H. D. and *Dastane, N. G.* (1970). Assessing evapotranspiration with pan evaporimeters. Annals of Arid Zone 8 (1): 23 – 26.

Singh, K. (1968). (i) Water use in relation to agronomic factors (ii) Study of the effect of levels and depths of irrigation and doses of nitrogen on wheat crop. Proc. Symp. water management, Udaipur. 134 – 136.

Srivastava, S. P. (1972). Consumptive use of water by dwarf wheat in Udaipur valley Indian J. Agric. Sci. 42: 152 – 155.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 82. évf. 4. szám. 1978. július-augusztus
Journal of the Meteorological Service. Vol. 82 No 4. July-August 1978 Budapest

Az új sugárzási skála és a világ sugárzási adatainak egységessége

MAJOR GYÖRGY, *Központi Légkörfizikai Intézet, Budapest*

A Meteorológiai Világszervezet (WMO) egyik, a Konvenció által is megfogalmazott célja, hogy elérje a meteorológiai megfigyelések standardizálását és a megfigyelési adatok egységes publikációját. Ebből a célból a világszervezet kongresszusa időről időre *technikai szabályzatot* ad ki, amelyet a tagországok követnek mindennapi tevékenységük során szem előtt tartanak. A technikai szabályzatot az ún. *Guide*-ok egészítik ki, amelyek részletesen meghatározzák, milyen módon lehet és kell eleget tenni a szabályzatnak (WMO 1969).

1977-ben a világszervezet műszerek és megfigyelési módszerek bizottsága (CIMO) VII. ülését tartotta, amelyen a meteorológiai sugárzásmérésekkel kapcsolatban több határozatot és ajánlást hozott. Ezen ajánlások közül a meteorológia majdnem minden szakterületén dolgozókat érinti a következő: a WMO Technikai Szabályzatának megfelelő paragrafusát változtassák meg úgy, hogy 1981. január 1. után a pirheliometrikus méréseket a *World Radiometric Reference* (WRR) skálában kell kifejezni. Ez azt jelenti, hogy az eddigi (IPS) skálában kifejezett adatokat 2,2%-kal meg kell növelni (WMO 1977).

Sugárzási adatok és mértékegységük

Az eddigiekhez két megjegyzést kell fűznünk, mielőtt a változás szükségességét és gyakorlati következményeit szemléltetnénk.

1. A címben sugárzási adatokról szóltunk, a CIMO ajánlásában viszont pirheliometrikus mérések szerepelnek. A meteorológiában is már rendkívül sokféle sugárzási adatot mérnek (pl. felszínen mért homályosság, műholdról mért kisugárzási spektrum), a WMO azonban csak a legelterjedtebb mérésfajták standardizálásával és eredményeik publikálásával foglalkozhat, az újonnan megjelenő, kísérleti jellegű műszerek és mérési módszerek csak a gyakorlat hosszabb próbájának kiállta után terjednek el világszerte. Tehát a „sugárzási adatok" kifejezést esetünkben szűkebb értelemben használjuk: a légkör és a felszín, valamint a mezőgazdaság és az ipar bizonyos ágai által az energiagazdálkodás szempontjából szükséges napsugárzási és a teljes spektrumtartományra vonatkozó sugárzási egyenleg adatokról van szó. Ezen adatok közül a merőlegesen beeső közvetlen (direkt) napsugárzást mérő műszereket nevezzük pirheliométernek, függetlenül attól, hogy az elsődleges standardról vagy az előbbihez hitelesítendő másodlagos műszerről van szó (WMO 1969). Mivel a fentebbi szűkebb értelemben vett sugárzási adatokat szolgáltató műszereket pirheliométerekhez hitelesítik, ezért a pirheliometrikus skála megváltozása természetszerűleg ezen adatok skálájának megváltozását is jelenti.

2. A skála változása nem azonos a törvényes mértékegység megváltozásával. 1980-ban Magyarországon is (a világ többi országával megegyezően életbe lép a *Nemzetközi Mértékegység Rendszer* (SI) kötelező használatát előíró törvény. Eszerint az energia egyedüli használható egysége a joule, így a sugárzás mennyiségét mérő energiát nem szabad többé kalóriában kifejezni. A WRR és az SI közel egyidőben történő érvénybe lépése véletlen, nincs közöttük kapcsolat.

Pirheliometrikus skálák

A sugárzás mennyisége a valamely térrészből, valamely hullámtartományban időegység alatt érkező energia mennyiségével azonos. Előbbi fejtegetéseink szerint a meteorológiai gyakorlat általában széles hullámhossztartományban érkező vagy távozó sugárzási energia ismeretét igényli, ezért érzékelésére a hő hatását kell felhasználnunk, mivel a sugárzás többi hatása erősen

hullámhosszfüggő. Tehát esetünkben a sugárzás mérésére azt használjuk fel, hogy a megfelelő feketére festett test sugárzás révén energiát nyer vagy veszít, ezáltal hőmérséklete megváltozik, együtt bizonyos mechanikailag vagy elektromosan mérhető tulajdonságaival. A mért változásból következtetünk a test belső energiájának megváltozására, és ezt a változást azonosítjuk a sugárzás hatásával. Tehát a sugárzás mérése nem közvetlenül, hanem energiájának átalakítása útján közvetítésekkel történik. Ha a közvetítő láncban ismeretlen tényező is szerephez jut, a mérőműszer másodlagos, ezeket hitelesíteni kell. Az elsődleges műszerek önmagukban (egyéb fizikai mérésekre visszavezetve) is alkalmasak a sugárzási energia meghatározására. A meghatározás bizonyos hibával történik. A technika fejlődésével ez a hiba csökkenthető, ezért vezetnek be új, pontosabb skálát.

A jelenlegi érvényben levő Nemzetközi Pirheliometriai Skála 1956-ot (IPS) nem a technika fejlődése hozta létre, hanem az a kényszer helyzet, hogy az 1957-es Nemzetközi Geofizikai Év előtt két sugárzási skála létezett a gyakorlatban: a régi Ångström- és a régi Smithsonian-skála. A *régi* jelző arra utal, hogy önmagában is mindkét skála ismert mértékű korrekcióra szorult volna, de ezt nem alkalmazták a gyakorlatban. Ugyanis a korrigált (az új) skálák nem egyeztek meg egymással, tehát az új skálák is további módosításra szorultak. Aminek mértékét nem sikerült megtalálni, így 1956-ban a világhálózat adatainak egységessége kedvéért az új Ångström- és az új Smithsonian-skála közötti középértékként létrehozták az IPS-t (lásd pl. *Major* 1972).

Az IPS életbe lépésekor minden meteorológiai szolgálat megváltoztatta a nemzeti standard pirheliométer műszerállandóját úgy, hogy megfeleljen az új skálának. A régi műszerállandót általában a gyár szolgáltatta a műszer megvásárlásakor. Különböző standard pirheliométerek összehasonlítása csak kutatási célból történt 1959-ig, amikoris megtartották az első nemzetközi pirheliométer összehasonlítást (IPC – I.) Davosban. Ezen az IPS-t a 158 számú Ångström-pirheliométer (A_{158}) testesítette meg. Az A_{158}-t Stockholmban a régi Ångström-skálát definiáló műszerhez hitelesítették és korrigálták az IPS-nek megfelelően. Az IPC – I. alkalmával a résztvevő pirheliométereket az A_{158}-hoz hitelesítették, ily módon biztosították az új skála világméretű és a korábbinál pontosabb alkalmazását. 1964-ben szintén Davosban tartották az IPC – II.-t, együtt az első európai regionális összehasonlítással (RPC – I.), standardként az A_{158} szolgált ismét. Az RPC – II.-re 1969-ben Carpentrasban került sor. Itt az derült ki, hogy az A_{158} megváltozott azokhoz a pirheliométerekhez képest, amelyeket az előző két összehasonlításon hozzá hitelesítettek. Az 1970-ben Davosban rendezett IPC – III. alkalmával ugyanezt az eltérést tapasztalták. Ezért utólag megállapodtak, hogy az IPS-t nem az A_{158} definiálja, hanem 7 olyan pirheliométer átlaga, amely pirheliométerek az eddigi összehasonlításokon egymáshoz képest stabilnak mutatkoztak. Ezzel az egyetlen skáladefiniáló műszerről áttértünk a műszercsoport által definiált skálára.

1969-től, elsősorban az űrkutatás igényeinek kielégítése céljából, újabb típusú standard pirheliométerek jelentek meg, amelyek érzékelője üreg alakú, elektromos energiával hasonlítják össze a sugárzási energiát, felhasználva a modern elektronika eredményeit. (A CIMO VII. ülése óta csak ezeket a műszereket illeti meg az *abszolút pirheliométer* elnevezés.) Azóta már 10 különböző konstrukció született ezekből, és 15 példány vett részt 1970-től kezdve az IPC – III-on és IPC – IV-en (ezzel együtt tartották az RPC – III-at), valamint külön összehasonlításokon az IPS-t definiáló csoport pirheliométereivel. Az új típusú abszolút pirheliométerek egymástól alig különböznek: a legnagyobb eltérés 0,8%, a műszerek fele pedig a 0,15%-os eltérészónán belül helyezkedik el. Az új abszolút műszerek átlaga az IPS-t reprezentálók átlagánál 2,2%-kal magasabb. Eztette szükségessé és lehetővé az új skála, a WRR 1981-ben történő bevezetését.

A WRR realizálására egy legalább 4 (különböző konstrukciójú) abszolút pirheliométerből álló csoport fog szolgálni, amelyeket Davosban, a sugárzási világcentrumban fognak őrizni, és évenként legalább egyszer egymással összehasonlítani.

Ezzel a pirheliometrikus skála definiálásának és fenntartásának (gyakorlati megvalósításának) kérdése megfelelő pontossággal megoldottnak tekinthető elég hosszú időre, hiszen a WRR esetében mind a szisztematikus, mindpedig a véletlen hiba kisebb mint az első skálánál.

A skála gyakorlati átvitele

A davosi sugárzási világcentrum etalon pirheliométerei által definiált sugárzási skála összehasonlítási lánc segítségével jut el a világhálózat egyes sugárzásmérő műszereiig. A világszervezet régióiban regionális sugárzási centrumok működnek. Ezek döntő többsége még nincs fölszerelve az új abszolút pirheliométerekkel, mivel ezek üzemszerű előállítása és kereskedelmi forgalmazása még csak a kezdeténél tart. A regionális etalonok többsége még Ångström

típusú pirheliométer. A *nemzetközi pirheliométer összehasonlítások* (IPC-k) szolgálnak arra, hogy ezeket a világcentrum etalonjaihoz hitelesítsék. WRR-beli első összehasonlításra 1981-ben kerül sor.

A hitelesítési lánc elvben következő *szeme* a regionális pirheliométer összehasonlítás (RPC). Mivel Davos Európában van, ezért rendszerint az IPC-vel együtt tartják az európai régió nemzeti standardjainak az összehasonlítását is. A hitelesített nemzeti standard pirheliométerek segítségével az egyes nemzeti szolgálatok a saját hálózati sugárzásmérőiket hitelesítik.

A regionális összehasonlításokon nem minden ország vesz részt a régióból, ezért külön kétoldalú vagy többoldalú összehasonlításokat is szerveznek. A szocialista országok meteorológiai szolgálatai eddig 4 alkalommal tartottak pirheliométer összehasonlítást, ezeken mind az európai, mind az ázsiai országok nemzeti standardjai részt vettek, ezáltal a két régió között a hitelesítési lánc kettős kapcsolatot létesít. Az első ilyen összehasonlítás 1964-ben Taskentben, a második 1967-ben Ogyesszában, a harmadik 1971-ben Terszkolban volt, mind a hármat a Szovjetunió szolgálata rendezte. A negyedik összehasonlítás 1977-ben Budapesten került sorra.

Az összehasonlításokon a derült napsugárzást mérik a pirheliométerek, ezért összehasonlítást ott és akkor érdemes szervezni, amikor és ahol nagy a valószínűsége a derült időnek. Az összehasonlítás eredményének véletlen hibáját növeli a szeles időjárás, mivel a fekete festék által elnyelt hőből a levegő által elszállított részt rendszertelenül változtatja. Szisztematikus hibát okoz a Nap körüli szórt sugárzás, mert különböző látószögű műszerekbe különböző mennyiség jut belőle, de ugyanazon műszerbe is más jut magas hegyen végzett méréskor, mint a tengerszint közelében. A 10 különböző konstrukciójú új abszolút pirheliométer látószögben nem különbözik egymástól, így a WRR definíciójában ez a szisztematikus hibaforrás nem okoz bizonytalanságot. A skála átvitelekor azonban még hosszú ideig (amíg minden regionális és nemzeti standard felépítése nem lesz azonos) zavart fog okozni. Szisztematikus és véletlen hiba forrása egyszerre a mutatós árammérők alkalmazása. (Ebben található az A_{158} „elromlásának" magyarázata is). Ezért újabban terjed, ha eléggé lassan is, a digitális voltmérők alkalmazása. Ezek is eltérhetnek egymástól, ezért összehasonlításkor legcélszerűbb az automatikus adatgyűjtés, amelynél egyetlen digitális berendezés értékeli az összes pirheliométer méréseit. Ha a digitális berendezést számítógéppel kötjük össze, akkor az összehasonlítás teljes jegyzőkönyve automatikus úton készülhet.

*

Reméljük, hogy a hazai meteorológus társadalmat és a szakma iránt érdeklődőket sikerült meggyőznünk az új skála megalapozott voltáról, és elértük azt is, hogy a kétféle skálában kifejezett sugárzási adatokkal való találkozáskor az átszámítás fáradságáért kárpótolja őket az a tudat, hogy a sugárzási energia a korábbinál pontosabban felel meg az energia más fajtáinak.

IRODALOM

WMO 1969: *Guide to Meteorological Instruments and Observing Practices.* Geneva.

WMO 1977: *CIMO Abridged Final Report of the Seventh Session.* Geneva.

Major, Gy. 1972: A cirkumszoláris sugárzás és szerepe az aktinometrikus méréseknél. *Beszámolók . . . 1969,* OMSZ, Budapest.

IRODALOM

MÉSZÁROS ERNŐ: *A levegőkémia alapjai.* Akadémiai Kiadó, Budapest 1977, 180 p., 58 ábra, 30 táblázat, tárgymutató, bőséges irodalomjegyzék.

A szerző hálás, egyúttal nehéz feladatra vállalkozott a gyors fejlődésben levő, a magyar szakirodalomban csak szórványosan megtalálható levegőkémiai ismeretek összeállításával.

Hálás, voltaképpen úttörő feladata volt a levegőkémia hiányos és a mai ismereteknek nem eléggé megfelelő magyar szóhasználatának kialakítása, ill. helyesbítése. Nehezebb feladata a levegőkémia ismeretanyagának szelektálása volt olyan kötelezettséggel, hogy a kiválogatott anyag egyrészt a levegőkémia legfontosabb új eredményeit tartalmazza, másrészt összefüggő, egységes képet adjon a kémia részleteiben kevéssé jártas meteorológusoknak, egyetemi hallgatóknak, de a rokon tudományok művelői s a levegőkémia eredményeit felhasználó szakemberek számára is. A feladat nehézségét az a 225 irodalmi forrás mutatja, amelyek pontos bibliográfiai adatait az irodalmi jegyzék tartalmazza. Ennek az óriási, forrásban levő, heterogén anyagnak egységbe olvasztása elismerésre méltó, végül is sikeres vállalkozása volt a témakörben évtizedek óta élvonalban kutató szerzőnek.

Az anyag céltudatos kiválasztását, egységes szemléletét a bevezetésben kifejtett 3 alapvető nézőpont biztosítja. Ezek: *a)* a földi légkör kialakulása, összetétele és szerkezete tette lehetővé a bioszféra létrejöttét, *b)* a geológiai korok során átalakult földi légkör egyensúlya teszi lehetővé a bioszféra fennmaradását és fejlődését, *c)* az emberi tevékenység módosíthatja a légkör kémiai összetételét, ezzel szerkezetét, végeredményben a bioszféra fejlődését.

Ez a geonómiai és biológiai (pontosabban humáncentrikus) szemlélet jellemzi a könyv fejezeteit: a légkör kialakulásának, összetételének, szerkezetének rövid bemutatását (1. és 2. fejezet), a földi légkör összetevőinek (fő összetevők és nyomanyagok) megkülönböztetését és ezek közül a nyomanyagoknak, mint a természetes és antropogén hatások miatt változó összetevőknek koncepcionális kiemelését (3. és 4. fejezet), a nyomanyagok kihullásának légkörfizikai alapokra épített tárgyalását (5. fejezet), végül a levegő összetételének a klímaváltozásokkal megállapított, ill. föltételezett kapcsolatának elemzését.

Az egyes fejezetek fontosabb megállapításai közül kiemelhetjük a légköri összetevőknek a magyar szakirodalomban alig, vagy csak hiányosan megtalálható légköri ciklusát és tartózkodási idejét (1. fejezet), a Föld-típusú bolygók légköreinek összehasonlítását, a bioszféra szerepét a légkör fejlődésében („a bioszféra nélküli Föld légköre nitrogénben majdnem olyan szegény lenne, mint a Mars atmoszférája'' ... nagyon figyelemre méltó megállapítás), a légköri oxigénszint emelkedése a geológiai korok folyamán, a légköri CO_2 változásai és kapcsolata a felhasznált tüzelőanyagok mennyiségével (2. fejezet).

A könyv legterjedelmesebb része, kb. a fele, a légköri nyomanyagok (nyomgázok és aeroszol) keletkezésével (forrásaival), légköri ciklusával, tartózkodási idővel, átalakulásaival és (a következő 30 oldalas fejezetben) a légkörből történő kihullásával (nyelőivel) foglalkozik a világirodalomnak a 70-es években publikált adatai és saját vizsgálatai alapján. Kétségtelen, hogy mind a levegőkémia alapkérdései (az összetevők forrásai, légköri átalakulásai, nyelői), mind a biológiai kölcsönhatások szempontjából ezekre, a változékonyságukkal kitűnő összetevőkre összpontosul a levegőkémia, a környezeti meteorológia figyelme, így a 3., 4., 5. fejezet aránylag nagy terjedelme indokolt.

Ebből a főrészből kiemelem a „troposzférikus háttér-aeroszol'' pontos megfogalmazását (a környezeti meteorológia alapfogalma), a szerző és munkatársainak Magyarországon és a déli félgömb óceánjai fölött végzett saját kutatásait, az aeroszol-részecskék kevéssé ismert vertikális eloszlását, a sztratoszféra és a mezoszféra aeroszol-részecskéit ismertető fejezeteket, a múltban elhanyagolt, de napjainkban a kutatás előterébe került légköri hidrogén, hélium, metán, szénmonoxid, ózon, nitrogén- és kénvegyületek módszeres bemutatását. A közölt összefoglaló 15. táblázatból világosan látható, hogy „az emberi tevékenység három nyomgáz: a hidrogén, a szénmonoxid és a kén-dioxid légköri ciklusát máris alapvetően módosította ... Ezek közül elsősorban

a kén-dioxid veszélyes, amely aeroszol-részecskékké alakulva légkörünk éghajlatának alakításában is szerepet játszhat.''

Az utóbbi kérdésnek részletes kifejtésére a 6. fejezetben kerül sor. Itt a szerző a múlt klímaváltozásainak vázlatos ismertetése után a Földlégkör–rendszer sugárzási mérlegét és az ebből táplálkozó általános cirkulációt mutatja be, mint a fizikai klimatológia alapjait és a klímaváltozások megismerésének kulcsát. Ezt követőleg – főként *Smagorinsky* nyomán – ismerteti a korszerű klímaelméleteket és a klímaváltozásokat leíró modellek típusait a globális rendszerek visszacsatolási mechanizmusaival. Végül a jelen (az utolsó 100 év) klímaváltozásainak s lehetséges magyarázataiknak bemutatása után áttér a fejezet levegőkémiai vonatkozásaira: a klímaváltozások és a levegőszennyeződés közötti kapcsolatokra.

A könyv egészét és célkitűzéseit tekintve az első két fejezetet, mint jól sikerült témaindító, figyelemfelhívó részt értékelem; a könyv gerincét alkotó 3., 4. és 5. fejezetek tartalmazzák a korszerű levegőkémia legfontosabb eredményeit, a szerző és munkatársai saját kutatásait, valamint a tudományterület nyitva maradt kérdéseit, ezzel a jövő várható kutatási irányait; végül a záró fejezetet világosan és egyszerűen kifejtett fogalmaival, korszerű szemléletével a könyv nagy didaktikai értékének tekintem.

Végül álljon itt a szerző óvatos, a fejezetet befejező prognózisa, amellyel tudományunk általában egyetért: „A szén-dioxid-koncentráció növekedésének hatására a hőmérséklet emelkedni fog. Az aeroszol-részecskék az alacsonyabb szélességeken hűtő, a pólusok környékén fűtő szerepet fognak játszani. Ha ezeket a hatásokat egyéb, elsősorban természetes tényezők el nem mossák, akkor lassú melegedéssel, az alacsony és magas szélességek közötti hőmérsékleti különbségek mérséklődésével kell számolnunk. Ennek különböző visszacsatolások útján (pl. a jégtakaró csökkenése, a cirkulációs folyamatok gyengülése) komoly, irreverzibilis következményei lehetnek. A levegőt, az életet lehetővé tevő egyik földi szférát tehát a szennyeződéstől a lehető legnagyobb mértékben óvni kell.''

A könyv szép kiállítása az Akadémiai Kiadó gondos munkáját dicséri.

Béll Béla

KRÓNIKA

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA 1978. ÉVI KÖZGYŰLÉSE

Az MTA 1978. évi közgyűlését május 8–10. között, budavári palotájának kongresszusi termében tartotta. A közgyűlés kibővített, munkaülés jellegű zárt ülésekből állt (nyilvános közgyűlést az MTA 3 évenként, legközelebb 1979-ben tart), amelyeket május 11–12-én a tudományos osztályok nyilvános előadóülései követtek. A tudományos program május 22-én az agrártudományok osztályának nyilvános ülésével fejeződött be.

A kibővített zárt ülés témája korunk és az emberiség jövőjének egyik fontos kérdéscsoportjával: az élelmezés és az ezzel szorosan összefüggő mezőgazdasági termelés kérdéseivel foglalkozott. A bevezető előadást *Tamássy István* akadémikus, az agrártudományok osztályának elnöke tartotta *„A mezőgazdaság és az élelmiszeripar fejlesztése és a tudomány feladatai"* címen. Az előadás felkért korreferense *Romány Pál* mezőgazdasági és élelmezésügyi miniszter volt. Mind a vitaindító előadás, mind a korreferátum kiemelte a tudományos kutatás nagy jelentőségét a mezőgazdaság és az élelmiszeripar fejlődésében, de kifejtették azt is, hogy a terméshozamok növelése, a céltudatos tájtermelés, a növénynemesítés, a nagyüzemi termelés, a környezeti tényezők kutatása, az élelmiszeripar számos feladata az agrártudományokon kívül több tudományterület (biológia, meteorológia, kémia, műszaki tudományok, talajtan, közgazdasági tudományok stb.) koordinált közreműködését igényli. Az előadást követő élénk vita igazolta, hogy a közgyűlés központi témája átnyúlik majd minden természet- és társadalomtudomány területére s az együttműködés felismert szükségessége és eredményei már eddig is sok segítséget nyújtottak abban, hogy ma már a mezőgazdasági termelés és az élelmiszeripar egyes ágazataiban a fejlett mezőgazdasággal rendelkező országok élvonalába tartozunk.

A vitaülés következtetései közvetlen kapcsolatot teremtettek a föld- és bányászati tudományok osztályának később sorra került központi témájával: *„A természeti erőforrások kutatása és feltárása"* című távlati fejlesztési főiránnyal.

A főirány népgazdasági jelentőségével foglalkozott *Fülöp József* akadémikus a tudományos osztálytanácskozás együttes ülésén, amelyet *Martos Ferenc* akadémikus, osztályelnök a központi téma széles koncepcióját felvázoló bevezető előadása nyitott meg. A természeti erőforrások tágabb értelmezése, az ún. megújuló erőforrások (talaj, klíma és más környezeti adottságok stb.) figyelembevétele olyan mértékben megnöveli a téma jelentőségét s ezzel kutatási igényét is, hogy indokoltnak látszik a főirány magasabb szintre sorolása s ezzel a kutatás kiszélesítése.

A föld- és bányászati tudományok osztályának tudományos üléssza ka a természeti erőforrások szerteágazó problematikájához alkalmazkodva 5 szekcióban folytatta tanácskozásait. Az *I. szekció* a földtani kutatás szerepével foglalkozott az ásványi nyersanyagok feltárásában. A *II. szekció* témája az ásványi nyersanyagok termelése, hasznosítása, a korszerű geofizikai módszerek alkalmazása, a hazai kőolaj- és földgázkutatás s általában az ásványi nyersanyagkutatás és feltárás feladata és perspektívája volt. A *III. szekció* a földrajzi környezet potenciáljának vizsgálatával, értékelésével s ennek területfejlesztési vonatkozásaival foglalkozott s természetszerűleg számos éghajlati kérdést érintett. A *IV. szekcióban* kerültek sorra a „légköri és szoláris erőforrások" *(Czelnai Rudolf* akadémikus előadását e számunk teljes terjedelmében közli. *Szerk.)*, „a talaj, mint természeti erőforrás", továbbá „az öntözés és talajtermékenység" meteorológiai. illetőleg meteorológiai vonatkozású témák, végül "a komplex földértékelés módszere" című általános érdeklődést keltett előadás. Az *V. szekció* a természeti erőforrások társadalmi vonatkozásaival: a település és a természeti környezet kapcsolatával, az építőanyagkutatás és termelés kérdéseivel, a település és a környezetföldtan kapcsolatával foglalkozott.

A szekcióülések és az előadásokat követő széles körű, más tudományterületekre is kiterjedő viták a föld- és bányászati tudományok sokoldalú megvilágításában bemutatták a természeti erőforrások fogalmának rendkívül komplex, összetett jellegét, egyúttal nagyon gazdag, egyáltalában ki nem merített tartalmát és társadalmi jelentőségét. Több előadó hivat-

kozott az UNESCO rendkívül figyelemre méltó fogalmazására, amely szerint a természeti erőforrások olyan természeti adottságok, amelyek *a társadalom fejlettségének szintjén* annak használára, a társadalmi igények kielégítésére felhasználhatók. Ha figyelmünket a „társadalom fejlettségének szintjén" kifejezésre koncentráljuk és a „felhasználhatók" kifejezést a kategórikus „felhasználandók"-ra cseréljük fel, előttünk állnak a társadalom tájékoztatásának a közműveltség emelésével kapcsolatos s az oktatásban sűrűsödő feladatai, amelyek a természeti erőforrások, ezen belül az éghajlat fogalomkörének tisztázásán át elvezetnek a korszerű természettudományos világkép megalapozásához, végső soron a „társadalom fejlettségi szintjének" olyan emeléséhez, amely előfeltétele a természeti adottságok természeti erőforrásokként történő kezelésének.

Az MTA 1978. évi közgyűlésének meghatóan szép eseménye volt az a jelenet, amelynek során az akadémia elnöke, *Szentágothai János* akadémikus átadta az Akadémia legmagasabb tudományos elismerését kifejező akadémiai aranyérmet az időközben elhunyt *Ortutay Gyula* özvegyének. A közgyűlésen kiosztott 12 akadémiai díjban összesen 27 kutató részesült.

Béll B.

⁂

AZ ÉGHAJLATI VILÁGKONFERENCIA ELŐKÉSZÍTÉSE

A Meteorológiai Világszervezet (WMO) Végrehajtó bizottsága 29. ülésén döntést hozott a világméretű éghajlatkutatási együttműködés megindításáról és ezzel összefüggésben 1979. február 12–23. között az első Éghajlati Világkonferencia megrendezéseiről. Ezen a konferencián meteorológusok mellett különféle gazdasági ágazatokban dolgozó szakemberek is részt vesznek a világ minden tájáról. A megtárgyalandó fő kérdés az, hogy az éghajlati tényezők és ezek változásai, valamint ingadozásai menynyiben befolyásolhatják a világélelmezési helyzetet, a tengeri halászatot, az energiagazdálkodást, a globális ökológia elemeit stb.

A WMO 1978. április 24–28. között az ausztriai Laxenburgban rendezte meg a világkonferencia előkészítő ülését. Ezen a jövő évi konferencia felkért előadói röviden ismertették előadásaik tervezett tartalmát és egyeztették mondanivalóikat.

A tervezett előadások három nagy területet ölelnek fel:

a) a természetes éghajlatingadozások elemzése (ezzel kapcsolatban többen megállapították: nincs ok annak feltételezésére, hogy az éghajlat a következő évtizedekben teljesen változatlan marad);

b) az emberi tevékenység hatása az éghajlatra (valószínűbb a melegedéshez vezető tényezők túlsúlya);

c) hosszú távú gazdasági tervek és az éghajlatingadozások kapcsolata.

Az értekezleten (meghívásos alapon) 30 szakember vett részt, köztük *Czelnai Rudolf* az OMSZ elnöke. A megbeszélés interdiszciplináris jellegére utal, hogy a 30 főből 15 képviselte a társtudományokat és az érintett gazdasági ágazatokat.

Ambrózy P.

⁂

A COSAMC HETEDIK ÜLÉSE

A meteorológia és klímatológia speciális alkalmazásának bizottsága (COSAMC) hetedik ülését 1978. április 17. és 28. között tartotta Genfben. Az ülésen 44 tagország és 8 nemzetközi szervezet 112 delegátusa vett részt. A Magyar Népköztársaságot *Szakács Györgyné*, a KMI igazgatóhelyettese és *Szepesi Dezső*, az OMSZ osztályvezetője képviselte. Az ülés résztvevői a következő főbb kérdéscsoportokkal foglalkoztak:

Éghajlati világprogram

Nyilvánvaló igény mutatkozik az éghajlat ingadozásokkal kapcsolatban olyan figyelő és tanácsadó szolgáltatás létrehozására, mely a 30 évnél rövidebb időtartamon belüli változások előfordulásáról és mértékéről tájékoztak. Ilyen szolgáltatás létrehozása az egyes országok számára rendkívüli haszonnal járna. Ezt felismerve a Meteorológiai Világszervezet éghajlati világprogram kidolgozásán fáradozik. A jelenleg már kikristályosodott elvek a következők szerint foglalhatók össze:

Az átfogó jellegű éghajlati világprogram célkitűzése adatgyűjtés, tájékoztatás és kutatási programok megvalósítása lesz, amely utóbbiak az éghajlatváltozás, az emberi tevékenység éghajlatmódosító hatása és az éghajlatváltozás emberi tevékenységre gyakorolt hatása vizsgálatára terjednek ki.

Felmerült annak igénye is, hogy az éghajlati világprogram keretében világméretű klíma figyelő szolgálatot is létre kellene hozni a poláris, maritim, mérsékelt, trópusi, szubtrópusi, sztyepp és sivatagi régiókban. A regionális központok feladata adatok összegyűjtése, szolgáltatása, cseréjének lebonyolítása, analízise, a klíma változás tanulmányozása, modellezése, ezeken kívül oktatás és képzés lenne. Nyilván a fenti feladatkör betöltése a szóban forgó területeken az állomáshálózat sűrítését igényelné.

Azon célból, hogy a klimatológiai állomásokra és adatokra vonatkozó információ hozzáférhetőségét megkönnyítsék, célszerű lesz mind nemzeti, mind WMO szinten az állomások listáját és az adatok katalógusát elkészíteni és publikálni.

Az éghajlati világprogram részleteinek kidolgozását a bizottság igen fontosnak tartotta, a rá háruló teendők ellátására munkacsoportot hozott létre. A klímatológiai adatok, szolgálta-

tások, impakt és kutatási vizsgálatok munkat csoportjának vezetőjeG. A. McKay (Kanada) lett.

Matematikai, statisztikai és más objektív módszerek felhasználása az éghajlattanban és annak alkalmazási területein

Az elmúlt időszak egyik jelentős eredménye ezen témában R. Sneyers: Észlelési sorok statisztikai analízise című Technical Note (No. 143) publikálása volt francia nyelven, mely hamarosan angolul is megjelenik.

A jövőben a témával foglalkozó munkacsoport legfontosabb feladata az lesz, hogy a különböző matematikai, statisztikai és más objektív módszerek fejlesztésével és éghajlati adatokra történő korrekt alkalmazásukkal a különböző éghajlati zónákban élő felelős klímatológusok erőfeszítését és munkájuk hatékonyságát elősegítse. Ezen belül fontos feladatot jelent az időjárás mesterséges módosítására irányuló jelenlegi kísérletek eredményeinek szigorú értékelése. A fenti célt szemináriumok rendezésével és útmutatók publikálásával is elő fogják mozdítani. A munkacsoport vezetője ismét R. Sneyers (Belgium) lett.

Meteorológia és klimatológia alkalmazása az energia problémákra

Mivel a világ energiafelhasználási igénye folyamatosan növekszik, szükség van arra, hogy a légköri és a napenergia felhasználásával, valamint az energia termelés, továbbítás és felhasználás szempontjából hasznos meteorológiai és klimatológiai tényezők vizsgálatával, előkészítésével kapcsolatos tevékenység tovább folytatódjék. Hasonlóképpen szükség van arra is, hogy az energia termelés, továbbítás és felhasználás különböző formáinak a környezetre gyakorolt hatása állandó vizsgálat tárgya legyen.

A fenti kérdések tisztázására az utóbbi években a WMO egyre jelentősebb erőket fordít. Hamarosan sor kerül a napenergiával foglalkozó meteorológus és műszaki szakemberek találkozójára a WMO rendezésében. A napenergia és a szélenergia potenciáljának felmérésével kapcsolatban a COSAMC hetedik ülésén reprezentatív előadások hangzottak el.

Az ülésen elhangzott vita során a következő kérdések tisztázódtak:

a) épéseket kell tenni a nagyfeszültségű vezetékeken lerakodó zúzmara, só, illetve por mérőmódszereinek egységesítésére;

b) az energiafelhasználás és -tárolás levegőkörnyezeti tényezőktől függő optimalizálásához a léghőmérséklet, a szélsebesség, a megvilágítás és a csapadék rövid, illetve hosszú távú előrejelzése a döntő tényező;

c) indokolt a fűtési foknap nemzetközi érvényű definiálása, de az alkalmazásra kerülő küszöbértékek megállapítása a felhasználók feladata.

A sugárzás és homályosság éghajlati értékelése

A bizottság élénk vita után megegyezett abban, hogy alkalmazási célokra a vízszintes felületre eső sugárzás mellett a különböző irányítottságú függőleges és ferde felületekre eső diffúz és globális sugárzás értékeire is szükség van. Sugárzásmérő állomásokon végzett mérések megbízhatóságának növelése érdekében a műszerek rendszeres kalibrálására, valamint a mérőhálózat megfelelő sűrűségére van szükség. A bizottság egyetértett abban, az idő megérett arra, hogy a rendelkezésre álló mérések adatai alapján a légköri homályosság klimatológiai értékelésére kerüljön sor. Továbbá megerősítést nyert az is, hogy a Föld sugárzásenergia háztartásának mérésére mind globális, mind regionális méretekben a műhold rendszer a legalkalmasabb. A téma rapportőrje *Ch. Perrin de Brichambaut* (Franciaország) lett.

Meteorológia és klimatológia alkalmazása emberi települések szempontjából

Ezen területen számos gazdasági, társadalmi és környezeti kérdésnek van jelentős meteorológiai vonatkozása. Ilyenek például a regionális tervezés, humán komfort és életkörülmények épületekben és ezeken kívül. E téren célszerű a következő kérdések tanulmányozása: a lehetséges klímaváltozás, illetve ingadozás hatása a területfelhasználásra és városok tervezésére, valamint az ehhez szükséges éghajlati adatok és szolgáltatások tisztázása. A témával foglalkozó munkacsoport vezetője *T. J. Chandler* (Egyesült Királyság) lett.

Területhasznosítás tervezésének meteorológiai vonatkozásai

1975-ben Ashevilleben rendezett WMO szimpózium anyaga alapján *B. Findlay* (Kanada) a területhasznosítás meteorológiai vonatkozásairól átfogó jelentést készített, s az átdolgozás után *Technical Note* formájában fog megjelenni.

Humán biometeorológia

A témával foglalkozó munkacsoport megvizsgálva a humán biometeorológiával kapcsolatos meteorológiai tényezőket, a következő három kategóriát állította fel: az embert határozottan, föltételezetten, illetve spekulatíve befolyásoló tényezők. Ezenkívül javaslat készült a biometeorológiai észlelések és mérések alapvető követelményeire.

A bizottság a humán biometeorológia területén a következő legfontosabb kérdések tanulmányozását javasolja: *a)* extrém hideg, illetve meleg klimatikus viszonyok esetén az emberi test hőcseréje; *b)* a levegőkörnyezet és az emberi egészség közötti kapcsolat modellezése; *c)* a humán fiziológia évszakos ritmusa; *d)* a meteorológiai viszonyok jelentősége az embe egészségére városi és ipari területeken; *e)* a időjárásváltozás hatása az emberi testre; *f)* kri-

tériumok kidolgozása komfortzónák és szélsőséges viszonyok kritikus határértékeinek megállapításához. A témával foglalkozó munka) csoport vezetője *J. Rivolier* (Franciaország) lett.

Építészeti klimatológia

Figyelembe véve, hogy jelentős igény mutatkozik az építészetklimatológiai paraméterek általánosan alkalmazható számítási módszerei iránt, a közeljövőben WMO publikáció alakjában kiadásra kerül olyan módszertani anyag, mely megkönnyíti az egyes országok klimatológusainak feladatát építészetklimatológiai szabványok és kézikönyvek készítésekor.

Útmutatók (guide-ók), technikai szabályzatok

A) Útmutató a klimatológiai gyakorlathoz. A második kiadás anyaga elkészült, bizonyos hiányosságok felszámolása és egységesítő szerkesztése folyamatban van. Fejezetei a következők: az éghajlat megismerését szolgáló tevékenység szervezése, észlelési módszerek, adatok feldolgozása, statisztikai módszerek alkalmazása, adatok tárolása, publikálása és értelmezése, CLIMAT jelentések, a szabad légkör klimatológiája, lokális és mikroklíma.

B) *Alkalmazott meteorológiai útmutató.* A bizottság úgy vélekedett, hogy az alkalmazott meteorológia területei jelenleg még nem eléggé érettek ahhoz, hogy útmutató formájában kötelező érvénnyel elfogadtathatók lennének, különben is egy kötetbe túlságosan terjedelmes anyag lenne. Ezért a következő területekről a közeljövőben eligazítások és technikai szabályzatok fognak megjelenni: gazdaságossági aspektusok, alkalmazott meteorológiai szolgáltatások szervezése, területhasznosítás, mező -és erdőgazdaság, élelmiszertermelés, vízgazdálkodás, építészet, energiatermelés és -fogyasztás, ipari meteorológia, szállítás és raktározás, kereskedelem, biztosítás és jogi ügyek, humán egészségügy és jólét, turizmus és üdülés levegőkörnyezet befolyásolása, levegőminőség tervezés.

C) *Technikai szabályzatok.* A bizottság a jelenleg érvényben levő technikai szabályzat néhány módosítását fogadta el, melyek elsősorban a klimatológiai észlelések ellenőrzésére és az információ továbbítás gyorsítására vonatkoznak. Így pl. *a)* az elsőosztályú (principal) éghajlati állomásokat évente legalább egyszer kell meglátogatni, *b)* a másodosztályú (ordinary) éghajlati állomásokat és csapadékmérő állomásokat 3 évenként legalább egyszer meg kell látogatni az észlelések és a műszerek kifogástalan működésének fenntartása céljából.

Aeroklimatológiai és magaslégköri térképek

A bizottság véleménye szerint az éghajlati világprogram szempontjából is jelentős lenne, ha a rádiószondázásból, rakétaszondázásból és műholdak méreteiből származó adatok megfelelő volta, felhasználhatósága és kompatibilitása összehasonlító vizsgálatok eredményei alapján kellőképpen tisztázódna. Továbbá megállapítja, hogy az aeroklimatológia céljait szolgáló magaslégköri térképek az adatközlés hasznos módját jelentik mind az alap, mind az alkalmazott kutatások számára, ezért publikálásukat folytatni kell.

Az Egyesült Államok delegátusa felszólalásában kérte, hogy a *Monthly Climatic Data for the World* hibátlan publikálása érdekében az egyes országokból a teljes aeroklimatológiai adat továbbításra kerüljön és elküldés előtt gondos ellenőrzésen menjen keresztül. A mérési programban bármely változás azonnal jelentendő, mely figyelembevételére lehetőség van. A téma rapportőrje *A. I. Voskresensky* (Sz. U.) lett.

Éghajlati atlaszok és alkalmazott éghajlati térképek

A WMO éghajlati atlasz és térkép programjának végrehajtásáért a COSAMC felelős. Figyelembe véve, hogy a WMO klímaatlasz programjának folytatása elsőrendű fontosságú, az egységes szempontok biztosítása érdekében az atlaszok és térképek készítésének specifikációit az éghajlati útmutató is tartalmazni fogja. A regionális klíma atlaszok rapportőrje *M. A. Bekheit* (Egyiptom) lett.

Alkalmazott éghajlati térképek egységes szempontok szerint történő készítése tovább folytatandó. A rapportőr (*H. Schirmer* NSZK) feladata javaslat kidolgozása a készítés módjára, méretére (nemzeti, ill. regionális).

Meteorológiai és klimatológiai paraméterek felhasználása gazdasági modellekben

Bár a meteorológia és a klimatológia speciális alkalmazásának értéke gazdasági tervezésekben — a bizottság véleménye szerint — nyilvánvaló, egyes gazdasági és tervezési szakemberek ezt a véleményt nem osztják. Szélsőséges nézetek szerint a meteorológiai tényezők hatása gazdasági modellekben a „*random noise*" (véletlen zaj) kategóriába tartozik.

Figyelembe véve, hogy szükség van a korábbiaknál konkrétabb gazdasági modellezésre, mely a meteorológiai és klimatológiai tényezőket reálisabb módon, mennyiségi paraméterek alapján veszi figyelembe, a bizottság a kérdés további tisztázásával *W. I. Maunder-t* (Újzéland) bízta meg.

A turizmus és üdülés meteorológiai vonatkozásai

A bizottság véleménye szerint a turizmus és az üdülés meteorológiai és klimatológiai információ iránti igénye növekszik. Ilyen információra a tervezőknek, szervezőknek és maguknak az üdülőknek is szükségük van. Mivel az igé-

nyelt információ általában nem áll a felhasználók rendelkezésére javasolandó, hogy a meteorológiai szolgálatok nagyobb gondot fordítsanak a szükséges információk tisztázására és biztosítására. A téma rapportőrje szovjet kutató lett.

A meteorológia alkalmazása lokális és regionális méretű légszennyeződési problémákra

A bizottság egyetértett abban, hogy a nemzeti meteorológiai szolgálatoknak fejleszteniök kellene felelősségüket és szolgáltatásaikat a légszennyeződés meteorológiai vonatkozásai területén. Egyik szükséges lépés a légszennyeződési folyamatok világos és egyértelmű rendszerezése lenne, amellyel a közeljövőben a WMO is behatóan kíván foglalkozni. Hasonlóképpen tisztázásra kerül a légköri stabilitás, illetve a turbulens szóródás meghatározására szolgáló módszerek összehasonlításának és egységesítésének kérdése Szükség van még a gyakorlatban könnyen alkalmazható levegőminőségtervező módszerek áttekintésére, melyek a légszennyezőanyagok elszállítódását, diszperzióját, kikerülését és átalakulását komplex módon, valósághűen veszik figyelembe.

A bizottság 4 évre a rapportőri teendők végzésével a magyar meteorológiai szolgálat környezetvédelmi osztályának vezetőjét bízta meg. Feladata: *a)* tekintse át a rendelkezésre álló szimulációs modelleket légszennyeződési problémákra való alkalmazhatóságuk szempontjából és készítsen *Technical Note*-ot ebben a témában; *b)* tegyen javaslatot arra, milyen módon lehetne előmozdítani a légszennyeződés számítására alkalmazott paraméterek és eljárások szabványosítását; *c)* tanulmányozza és értékelje a légszennyeződés számításához szükséges meteorológiai és emissziós adatok követelményeit és a légszennyeződés előrejelzésének kérdését; *d)* értékelje a háttérszennyezettség és az alapterhelés jelenlegi koncepcióit és tegyen javaslatot azok revíziójára; *e)* tegyen javaslatot a WMO-nak a WHO-val való együttműködésére.

A COSAMC hetedik ülésén még a következőkre hívták fel a résztvevő tagországok figyelmét: Mivel több országban a meteorológiai szolgálat az alkalmazott meteorológia és klimatológia iránt a gazdasági és társadalmi fejlődés által megnyilvánuló igényeket nem minden tekintetben elégíti ki, felszólítja a tagországokat, hogy: *a)* állomáshálózatukat módosítsák, bővítsék, illetve újat létesítsenek azon célból, hogy a modern társadalom különböző ágazatait elláthassák megfelelő meteorológiai és klimatológiai információval, a gazdasági és társadalmi fejlődés számára, *b)* bővítsék és fejlesszék a felhasználók részére nyújtott meteorológiai és klimatológiai információt, valamint technikai tanácsadást. *c)* szoros együttműködést alakítsanak ki a meteorológiai szolgáltató részlegek és a gazdasági élet különböző ágazatai között, melyek tervezési tevékenysége számára éghajlati információ lényeges. *d)* mozdítsák elő a felhasználók között annak megértését, hogy a meteorológia és a klimatológia alkalmazása potenciális gazdasági hasznot jelent.

Az ülésen a következő tudományos előadások hangzottak el: *Ch. Perrin de Brichambaut* (Franciaország): Meteorológiai és sugárzási paraméterek a napenergia hasznosításával kapcsolatban. *A. I. Voskresensky* (Szovjetunió): Sugárzás, szél és csapadék adatok analízise az Antarktiszon végzett mérések alapján. *A. Junod* (Svájc): Meteorológia és energia, *L. E. Olsson* (Svédország): A szélenergia alkalmazásának meteorológiai aspektusai.

A COSAMC hetedik ülése a bizottság életében is változást hozott. *H. E. Landsberg* professzor a CoSAMC elnöki tisztjéből — melyet több évtizeden keresztül egyhangú elismerés és nagyraértékelés mellett töltött be — visszavonult. Benne a szakma területén széles körű hozzáértés, mélyen demokratikus vezetési stílus, az erély, a nagyvonalúság és a humor olyan mértékben egyesült, mely a vezetése alatt álló bizottságnak ösztönző erőt adott és őt egyértelműen elismert vezetőjévé tette. A bizottság számos tagja méltatta az ülésen *Landsberg* professzor eredményes és fáradhatatlan vezetői tevékenységét.

A Bizottság az elkövetkező 4 évre elnökének *M. K. Thomas*-t (Kanada) és alelnökének *A. W. Kabakibo*-t (Szíria) választotta meg.

Szepesi D.

⁂

A SZOCIALISTA ORSZÁGOK TUDOMÁNYOS AKADÉMIÁINAK FÖLDTUDOMÁNYI EGYÜTTMŰKÖDÉSE

A szocialista országok tudományos akadémiáinak földtudományi együttműködése *(KAPG)* tizenkét évvel ezelőtt, 1966-ban vette át — jóval szervezettebb formát öltve — azt a feladatkört, amelyet a szocialista országok földtudományi intézményei és kutatói a *Nemzetközi Geofizikai Év és Együttműködés*, valamint a *Nemzetközi Nyugodt Nap Éve* programjaiban akkor már egy évtizede, a nemzetközi elismerést is kiérdemelve elláttak. A szocialista országok tudományos akadémiáinak azóta egyre szorosabbá váló tudományos együttműködésében ez a szervezet az egyik legrégibb és legjobban koordinált nemzetközi tudományos testület. A szélesebb értelemben vett földtudományoknak a szilárd földtestre, a légkörre és a hidroszférára kiterjedő 8 tudományterületének a szocialista országokban folyó kutatásait fogja össze. Tevékenysége magában foglalja a kutatások távlati tervezését, az eredményekről szóló kölcsönös tájékoztatást, közös programok lebonyolítását, a kutatók hosszabb távú cseréjét, közös kutató laboratóriumok létesítését, tudományos ülésszakok szervezését és a nem-

zetközi kapcsolatok egybehangolását más tudományos szervezetekkel, elsősorban az *ICSU* keretében működő *Nemzetközi Geodéziai és Geofizikai Unió (UGGI)* megfelelő asszociációival.

Az elmúlt 12 év során gazdag szervezési tapasztalat birtokában kialakult a tagországok tudományos életéhez és lehetőségeihez alkalmazott sajátos szervezete, ügyrendje és működési metodikája. A szervezet vezető testülete alapító elnökének, a szovjet *J. D. Boulanger* akadémikusnak vezetésével évenként tartott ülésein áttekinti a gyorsan fejlődő földtudományoknak új irányait, a tagországok kutatási és koordinációs lehetőségeit és a *KAPG* ebből levezethető feladatait. A vezető testület munkáját támogatja a földtudományok távlati fejlődésének prognózisát összeállító permanens „prognózis- szakértő" csoport, amely jó előre jelzi azokat a várható nemzetközi kutatás irányokat, amelyeket a 8 földtudományi területen működő *albizottságok* távlati terveik összeállításakor figyelembe vesznek.

Az albizottságok keretében az egyes témákban, altémákban megvalósítandó együttműködésre (tervezés, tájékoztatás, közös munka, kutatók cseréje, tudományos ülések szervezése stb.) munkacsoportok létesültek. Az albizottságok és a munkacsoportok munkáját a tagországok kutatóiból választott nemzetközi koordinátorok (elnökök) szervezik és irányítják. A szervezet koordináló munkáját, a kutatási tervek megvalósítását, a tudományos rendezvények szervezését stb. a tagországok tudományos akadémiái a javaslatok jóváhagyása után beiktatják az akadémiák közötti együttműködési programba és anyagilag is támogatják. Ezenkívül az akadémiák jelentős erkölcsi támogatást nyújtanak azzal, hogy a tagországok földtudományi vonatkozású kutató intézeteit is felkérik és ösztönzik a *KAPG*-tervek támogatására.

Az albizottságok és munkacsoportok általában 2 évenként tartanak tudományos üléssel összekötött munkaüléseket, szemináriumokat, szimpóziumokat. Ezek között jelentős feladatot látnak el a földtudományi kutatások alapműszereinek összehasonlításai (így pl. a meteorológia területén az ózonműszerek összehasonlítása), a mérési és számítási módszerek összehangolása (pl. a geodéziai mérések terén), különösképpen pedig a földtudományok komplex, interdiszciplináris szimpóziumjai (pl. a légköri tudományok és a szolár-terresztrikus kölcsönhatások vonatkozásában). A *KAPG*-nek ez a vázlatosan bemutatott szervezete és munkarendje az elmúlt évtizedben rugalmasan követte a fejlődő tudomány igényeit és időt állónak bizonyult.

A *KAPG* 8 albizottsága közül az egyiknek, a 7.-nek programja, a meteorológia és a légkörfizika problémáira terjed ki. Az albizottság nemzetközi koordinátora (elnöke) a megalapítás óta magyar kutató *(Béll Béla, Mészáros Ernő,* jelenleg pedig *Péczely György).* A távlati tervek összeállításakor folyamatosan figyelembe vették a „prognózis-csoport" ajánlásait, a meteorológia nemzetközi szerveinek (WMO, IAMAP iránymutatását, de ügyeltek arra is, hogy a szocialista országokban időközben létesült koordináló szervek, így az *INTERKOZMOSZ*, a *meteorológiai szolgálatok*, a *KGST* kutatási témáit a *KAPG* keretében tervezett kutatások globális, illetőleg planetáris vonatkozásban megalapozzák és kiegészítsék.

A *KAPG* vezető szerve az 1978. évi 13. ülésszakát Magyarországon (1970 után másodszor) Sopronban tartotta. A rendező vendéglátó intézmény a MTA soproni *Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézete* volt. Az ülésszak keretében több albizottság és munkacsoport, közöttük a *meteorológiai és légkörfizikai albizottság* is ülést tartott. Az utóbbi *Péczely György* elnökletével kidolgozta az albizottság 1978 – 1980 közötti 3 éves munkatervét, amelyet később a *KAPG* plenáris ülése elfogadott, s amely a továbbiakban az egyes akadémiák megerősítésére vár. A magyar kutató intézmények közül az *OMSZ Központi Légkörfizikai Intézete* és a budapesti *(ELTE)*, valamint a szegedi *(JATE)* egyetem meteorológiai tanszékei vesznek részt az albizottság 5 főtémája közül 3 főtéma koordinált kutatásában. Ezek: *A légkör általános cirkulációja* című főtéma keretében „Az északi félgömb klímájának ingadozásai" *(JATE)* és a „Mikroturbulencia és a meteorológiai-geofizikai mezők statisztikai szerkezete" *(ELTE)* című altémák, valamint *A légköri ózon kutatása* című főtéma keretében „A KAPG-országok Dobson-spektrofotométereinek felülvizsgálata és összehasonlítása" című feladatban *(OMSZ: KLFI)*, továbbá *A felhőzet és a csapadék mikrofizikája* című főtémának a „Vízcseppek és jégkristályok képződésének és fejlődésének mechanizmusa" és a „Természetes és mesterséges jégképző és kondenzációs magok kutatása" című altémáinak kutatásában *(OMSZ: KLFI)*.

Sajnálatos, hogy kutatói kapacitás hiányában magyar kutatóintézmény és kutató nem vesz részt a jövő tervperiódusok *KAPG* programjának 2 meteorológiai főtémájában: „Sugárzási folyamatok a Föld-légkör rendszerben" és „A légköri határréteg kutatása" című főtémákban, jóllehet mindkét fontos témakörben folynak nemzetközi szinten is értékelhető hazai kutatások. Remélhető, hogy a következő években a magyar kutatások újból bekapcsolódnak a *KAPG*-nak ezekbe a fontos témaköreibe is.

A soproni *KAPG*-ülésszak keretében sor került két albizottság közös szimpóziumára is. Ennek témája, *Energiaátalakulás és energiatranszport a légkörben*", nemcsak a légköri tudományok albizottságának, hanem az extraterresztrikus (elsősorban a Napból eredő) hatásokkal foglalkozó albizottságnak tudományterületét is érintette. A kétnapos szimpóziumon

összesen 20 előadás hangzott el, főként a felsőlégköri mezo- és termoszféra, illetve a tropo- és sztratoszféra energiakicserélődési folyamatairól. A szimpózium nagyon értékes, sok új eredményt bemutató, valamint koncepcionális összefoglaló előadásainak anyaga önálló kötetben fog megjelenni. A másik, ugyancsak kétnapos interdiszciplináris szimpózium témája, „*A Kárpát—Balkán régió és környezetének geodinamikája*", elsősorban a szilárd Föld kutatásának regionális kérdéseit érintette s mint a szocialista országok érintkezési térségének földtudományi problémaköre, a KAPG több albizottságának együttműködésére s egy másik nemzetközi szervezettel, a *Kárpát-Balkán Asszociációval* való kooperációra nyújt lehetőséget. Sajnos, a földtudományok 3 nagy csoportjának: a szilárd földtestnek, a légkör és a vízburok tudományterületeinek szorosabb koordinációja a KAPG célkitűzéseiben — éppenúgy, mint az UGGI keretében — mint megoldandó feladat, még várat magára. Mindenesetre az első lépés: a két interdiszciplináris szimpózium sikeres megrendezése Sopronban, követendő és továbbfejlesztendő kezdeményezés volt.

A KAPG kétnapos plenáris ülését nyilvános ünnepi ülés vezette be, amelyen a meteorológia tudományterületéről hangzott el az első előadás. Témáját az előadó: *Péczely György* korunk globális klimatológiai témaköréből választotta s „*A csapadék változása a Csendes-óceán trópusi zónáiban az általános cirkulációval összefüggésben*" című előadás saját kutatási eredményeit mutatta be.

A teljes ülésszak 1978. április 12—20. között 9 napig tartott, érdekes tanulmányi kirándulással zárult s a résztvevők egyöntetű véleménye szerint mind szakmai, tudományos, mind pedig szervezési szempontból méltó volt ahhoz a ranghoz, amelyet a magyar földtudomány a nemzetközi együttműködésben betölt.

Béll B.

⁎

RGK ÜLÉS BUKARESTBEN

A szocialista országok klimatológiai munkabizottsága (RGK) a román hidrometeorológiai szolgálat meghívására 1978. május 8—12. között Bukarestben tartotta IX. ülését.

A munkaértekezleten a bolgár, csehszlovák, lengyel, magyar, német, román és szovjet szolgálat delegációja vett részt. A magyar meteorológiai szolgálatot *Szakács* Györgyné, a KMI igazgatóhelyettese és *Rákóczi* Ferencné tud. főmunkatárs képviselte.

A román szolgálat igazgatóhelyettese, *D. Bacsinszki* által megnyitott IX. RGK-ülésszak *H. Käse* professzor (NDK) elnökletével értékelte a bizottsághoz rendelt szakértői csoportok (11., 12. és 21. RKNIR-témák) tevékenységét, majd a szolgálatok által benyújtott munkadokumentumok alapján megvizsgálta a népgazdaság éghajlati információkkal való ellátásának jelenlegi rendszerét és azokat az eljárásokat, amelyeket a szolgáltatások fejlesztésére a meteorológiai szolgálatok alkalmazni kívánnak. Ajánlást dolgozott ki a munkabizottság avégből, hogy a szocialista országok szolgálatai működjenek együtt a népgazdaságnak nyújtott szolgáltatások távlati fejlesztése terén.

A munkacsoport számba vette az *éghajlatváltozás* témakörében 1977. december folyamán tartott leningrádi értekezlet ajánlásait, hangsúlyozva a kérdés különös fontosságát az emberi tevékenységgel kapcsolatban. Célszerűnek tartja a munkabizottság összehívni a szocialista országok éghajlatváltozás tanulmányozásával foglalkozó kutatóinak értekezletét az ún. *éghajlati világprogram*hoz illeszkedő együttműködési munkaterv kidolgozása céljából.

A munkacsoport ülését megelőzően, május 2—6. között, az ugyancsak az RGK feladataihoz tartozó „*új típusú aeroklimatológiai kézikönyv készítése*" tárgyában a román hidrometeorológiai szolgálat kérésére szakértői értekezletet tartottak, s ott az egyes szolgálatok szakértői beszámoltak a munka első és második (szabadlégkör, határréteg) szakaszának helyzetéről, megvitatták és jóváhagyták a témát koordináló szovjet szolgálatnak a téma harmadik (alsó troposzféra inverziói, maximális szél, tropopauza) fázisára vonatkozó program tervezetét. Az éghajlati munkabizottság a szakértői értekezlet által megtárgyalt, s az aeroklimatológiában használatos, — a lengyel szolgálat által kidolgozott s a szovjet szerkesztésben előterjesztett, oroszul megfogalmazott —, szakkifejezéseket és meghatározásokat elfogadva, a szolgálatoknál bevezetésre ajánlja.

Az RGK alkotó légkörben lezajlott IX. ülése a soron következő értekezlet napirendjének előzetes kialakításával ért véget.

Wágner M.

⁎

SZIMPÓZIUM AZ AUTOMATA ÁLLOMÁSOKRÓL POTSDAMBAN

Az NDK meteorológiai szolgálata a szocialista országok résztvételével 1978. április 25—27. között Potsdamban rendezte meg a IV. automata állomás szimpóziumot „Az automatikus meteorológiai állomások hatékony alkalmazása" címmel. A háromnapos feszített programban — orosz — német szinkrontolmácsolással — 30 előadás hangzott el a 13 külföldi, illetve 25 fős helybeli hallgatóság előtt. Hazánkat *Hanák Péter* tanársegéd (Budapesti Műszaki Egyetem, műszer- és méréstechnikai tanszék, az OMFB kiküldetésében), valamint e sorok írója képviselte.

Az előadások kevés új fejlesztéséről adtak számot, inkább az eddigi rendszerekkel szerzett üzemi tapasztalatok, az NDK és a szovjet félautomata állomások többéves összehasonlításának eredményei, valamint az automaták következő, ún. 2. generációjának tervezési

koncepciói szerepeltek a programban. Különösen sajnálatos, hogy a szocialista országokban továbbra sem látni lényeges előrehaladást az újtípusú, elektromos kimenőjelet szolgáltató, vagyis az automatákhoz közvetlenül csatlakoztatható érzékelők sorozatgyártásában.

A várhatóan a 80-as évek első felében megjelenő automata állomások új generációjától a felhasználók azt várják, hogy az *a)* a jelenleginél több, részletesebb és pontosabb megfigyelést végez; *b)* hirtelen időromláskor (szélvihar, záporeső, zivatar, stb.) vihartáviratot küld a központba; *c)* üzembiztonság terén is felülmúlja a mostani automatákat.

Három előadást magyar szerzők tartottak a szimpóziumon: *Hanák* Péter „Telemechanikai rendszer vezérlése mikroszámítógéppel" címen ismertette a Középdunavölgyi Vízügyi Igazgatóság megbízásából a Budapesti Műszaki Egyetemen kifejlesztett, számítógépes vezérlésű, „Zagyva – Tarna" távmérőhálózatot, továbbá a „Sajó térségi vízminőségellenőrző rendszert". *Mezősi* Miklós a „Távszélmérőhálózat a viharjelzés szolgálatában" című előadásában a balatoni automatikus szélmérő prototípusáról és az 1975 – 1977 között két állomással végzett üzemi kísérletek tapasztalatairól számolt be. *Bereczky* László és *Mezősi* Miklós „METEODAT adatgyűjtő rendszer meteorológiai tornyokon, ill. környezetvédelmi célra végzendő mérésekre" című dolgozata az OMSZ-nál az utóbbi években konstruált mérésadatgyűjtőt és annak üzemi tapasztalatait ismertette. Mindhárom magyar előadásnak igen jó volt a visszhangja, szinte minden delegáció kért további információkat. (A külföldi kollégák lelkes érdeklődését látva, a krónikás számára most már teljesen érthetetlen a távszélmérő hálózat kiépítése körüli itthoni huzavona . . .).

A vendéglátók a szimpóziummal egyidőben műszerkiállítást is rendeztek, ahol kiállították a meteorológiai szolgálat műszerhivatalában fejlesztett mérőátalakítók, érzékelők, segédberendezések egy-egy példányát.

Mezősi M.

⁂

ADATFELDOLGOZÁSI SZAKÉRTŐI ÜLÉS SZÓFIÁBAN

A „*Meglevő módszerek tökéletesítése és új módszerek kifejlesztése aerológiai és meteorológia megfigyelések automatikus ellenőrzésére, feldolgozására és archiválására*" című RGKNIR téma harmadik szakértői értekezletére 1978. április 10. és 15. között Szófiában került sor. A vendéglátó bolgár hidrometeorológiai szolgálat szakemberei mellett Csehszlovákia, Lengyelország, Magyarország, a Német Demokratikus Köztársaság és a Szovjetunió szolgálatainak képviselői vettek részt az ülésen.

A beszámolókból egyértelműen kitűnt, hogy az elmúlt időszakban a témában résztvevő országok lényeges előrehaladást értek el az operatív, ill. klimatológiai célú adatfeldolgozás területén. Az ESZR számítógép-család tagjainak fokozatos elterjedése lehetővé tette, hogy az adatfeldolgozási igényeket magas szintű programozási nyelveken megírt, az operációs rendszerek lehetőségeit jól kihasználó programrendszerek elégítsék ki. Ilyen típusú gépekkel nem rendelkező szolgálatoknál is megkezdődött a gépcsaláddal kompatibilis számítógépeken a korszerű adatfeldolgozó rendszerek elemeinek kiépítése.

A jelen állapotot és a jövőbeli további tevékenység lehetőségeit gondosan elemezve, az értekezlet négy ajánlást fogadott el, amelyek a szocialista országok közös algoritmus és program bankjának megteremtésére, a rádiólokációs eljárással mért meteorológiai adatok archivációs módszereinek kidolgozására, a Szovjetunió hidrometeorológiai szolgálatánál kidolgozott egységes meteorológiai adatleíró nyelv tanulmányozására és a munkaterv pontosítására vonatkoznak.

A műholdas adatok számítógépes feldolgozását és archiválását illetően az az egységes vélemény alakult ki, hogy a nemzeti keretek között jelenleg folyó kutatást a későbbiekben kell a közös tevékenységbe bekapcsolni.

Dévényi D.

⁂

A NÉPGAZDASÁG HIDROMETEOROLÓGIAI KISZOLGÁLÁSA

A szocialista országok hidrometeorológiai, ill. meteorológiai szolgálatainak részvételével Moszkvában május 15 – 19. között szimpóziumot rendeztek a *népgazdaság hidrometeorológiai kiszolgálása* címen. Mind az előadásokban, mind az ezt követő viták és munkaértekezletek során a résztvevő szakértők megállapították, hogy a népgazdaság meteorológiai információkkal történő ellátása terén az egyes szolgálatok számottevő eredményeket értek el. Ennek ellenére egyhangú határozat született arra vonatkozólag, hogy a munkaértekezlet jegyzőkönyvben kéri a szocialista országok hidrometeorológiai és meteorológiai szolgálatainak VII. (XV.) igazgatói konferenciáját a következő kérdések áttekintésére:

– megvizsgálandó a szocialista országok szolgálatai között folyó információcsere szervezési rendje, különös tekintettel az előrejelzés beválásának értékelési módszerére, hogy további egységesítések szülessenek;

– megszervezendő a tájékoztatások cseréje a hidrometeorológiai szolgáltatások gazdasági hatékonyságának számítási módszereiről, hogy mindegyik szocialista ország terjessze elő ez irányú anyagát a koordináló országnak (Magyarországnak), s hogy a koordináló készítse elő és hozza nyilvánosságra az előterjesztett anyagot egy szakkiadványban;

– tekintettel a hidrometeorológiai szolgál-

tatások gazdasági hatékonyságának időszerűségére, növelni kell az RGKNIR – 18-as témában a résztvevők számát annak érdekében, hogy erősítsék a meteorológiai adatszolgáltatás és egyéb előrejelzési formák hatékonyságának vizsgálatát;

– az igazgatói konferencia tekintse át a veszélyes és különösen veszélyes időjárási jelenségekre vonatkozó adatok és információk cseréjét;

– megvizsgálandó a hidrometeorológiai információknak a fogyasztókhoz történő eljuttatási módszerek tökéletesítésének és automatizálásának lehetősége;

– összehangolt munka szükséges a talajnedvesség mérésére szolgáló új műszerek létrehozásához, illetve a meglevő módszerek fejlesztéséhez.

A szimpózium egyben megállapította, hogy a népgazdaság speciális szolgáltatásokkal történő ellátásának alapvető nehézsége a középtávú előrejelzések (4 – 10 nap) megbízható módszereinek hiánya. Ezért a munkaértekezlet kéri az igazgatói konferenciát, vizsgálja meg annak lehetőségét, hogy az ilyen előrejelzési módszerek kidolgozása terén hogyan lehet hatékonyabbá tenni a munkát. A résztvevők egyöntetűen megállapították az ilyen találkozók hasznosságát és szükségességét, s ugyancsak kérik az igazgatói konferenciát szimpózium szervezésére a népgazdaság konkrét hidrometeorológiai igényeinek kielégítése témában, különös tekintettel az energiaellátásra. A szimpóziumon és munkaértekezleten Románia kivételével minden európai szocialista ország részt vett. A magyar meteorológiai szolgálatot e sorok írója képviselte.

Antal E.

✳

SZÁMÍTÁSTECHNIKAI SZAKÉRTŐK ÉRTEKEZLETE

1978. május 22 – 26. között a szovjetunióbeli Obnyinszkban ült össze a szocialista országok hidrometeorológiai /meteorológiai szolgálatai számítástechnikai szakértőinek második értekezlete. E tanácskozáson a bolgár, a magyar, az NDK, a lengyel, a szovjet és a csehszlovák szolgálat képviseltette magát. Az ülésen a szovjet delegáció vezetője, *A. N. Nogtikov* elnökölt. Az alábbi főbb napirendi témákban fo yt a tanácskozás:

– az érintett szocialista országok hidrometeorológiai/meteorológiai szolgálatainak számítástechnikai fölszereltsége, illetve az ezzel kapcsolatos távolabbi kilátások;

– az együttműködés lehetőségei a számítógépes programok és rendszerek fejlesztésében;

– az együttműködés lehetőségei az adatok általános és hosszabbtávú tárolási módszereinek kidolgozásában és alkalmazásában;

– a naprakész adatfeldolgozás sajátosságai.

A delegátusok igen vitakészek voltak, az eltérő technikai adottságok és szervezeti felépítések miatt hosszas megfontolás és a szerkesztő bizottság alapos munkája után születtek meg az értekezlet ajánlásai.

A jól szervezett tanácskozás végén, a vendégek nevében az NDK-delegáció vezetője, *B. Barg* mondott köszönetet a vendéglátó Hidrometeorológiai Információk Összoroszországi Tudományos Kutató Intézete munkatársainak.

Az elmélyült számítástechnikai eszmecsere mellett mód nyílt az intézet számítóközpontjának és az adat-világközpont adatarchívumának megtekintésére. Megismerkedhettünk a közeli Kísérleti Meteorológiai Intézet több mint 300 méteres mérőtornyának berendezéseivel is. Programunkat egy obnyinszki és egy kalugai városnéző kirándulás tette színesebbé.

Faragó T.

✳

A SZINOPTIKUS- ÉS REPÜLÉSMETEOROLÓGIAI MUNKACSOPORT ÜLÉSE POTSDAMBAN

A szocialista országok hidrometeorológiai, ill. meteorológiai szolgálatainak szinoptikus- és repülésmeteorológiai munkacsoportja (RGSAM) 1978. március 30. és április 7. között tartotta nyolcadik ülését az NDK-ban, Potsdamban.

Elsőként az ülés a meteorológiai kódok kérdését tárgyalta meg, minthogy az új *synop*-kód bevezetése ismét előtérbe került, s számítani kell rá, hogy a következő években a kód kérdése ismételten foglalkoztatja majd a nemzetközi meteorológiai szerveket. A munkacsoportnak egyöntetű a véleménye, amely szerint a jövő a digitális anyagcseréé (grid-, ill. graf-kódok), mégis, hosszú ideig nem lehet a nemzetközi meteorológiai adatcseréből mellőzni a grafikus információkat (fakszimile adásokat).

A veszélyes időjárási jelenségek előrejelzésében a szocialista országok közötti együttműködésre javaslat kidolgozása után a munkacsoport a *repülésmeteorológia* területén elsőként a repülési dokumentációkban WMO-javaslatra használatos ún. A2 (AT) modell alkalmazásával kapcsolatos eredményeket értékelte, megállapítva, hogy a tagországok nagy többsége már hu zamosabb ideje jó tapasztalatokkal alkalmazza ezt a modellt. A szuperszonikus repülés számára készülő *klimatológiai kézikönyvvel* összefüggő szakmai és technikai kérdésekkel, valamint a repülőtéri *ferde látás* kérdésével foglalkozva megállapították, hogy számottevő és a gyakorlatban felhasználható eredmény a repülés biztonsága szempontjából oly fontos ferde látásnak akár műszerrel, akár elméleti úton történő meghatározására nem született, ezért továbbra is igen nagy figyelmet kell fordítani a kérdés megoldására.

A *radarmeteorológia* tárgykörében megtár-

gyalta a munkacsoport a Maly Javornik-i regionális időjárási radarközpont státusára vonatkozó tervezetet, állást foglalt a radarinformációk optimális ábrázolása és továbbítása érdekében egységes módszer kidolgozása mellett, a meteorológiai *információcsere* témakörében pedig a 925 mb-os szint alkalmazásával kapcsolatos kezdeti tapasztalatokat értékelte. Megvitatta a moszkvai meteorológiai világközpont által már kibocsátott és a továbbiakban kibocsátásra kerülő grafikus és digitális információkkal kapcsolatos igényeket s prioritásokat.

Az RGSAM irányítása alá 3, nemzetközileg koordinált kutatási téma tartozik (RGKNIR 16, 17 és 19). Az ülésszak megállapította, hogy mindhárom témában általánosságban kielégítő munka folyik. Végül a munkacsoport 1980-ig előirányzott munkatervét elfogadva a kifogástalanul megrendezett ülésszak *Böhme* professzornak, az NDK Meteorológiai Szolgálata igazgatójának és *Wehner*nek, az RGSAM elnökének zárszavával fejeződött be.

Vissy K.

AZ ŰRKUTATÁSI MUNKACSOPORT ÜLÉSE PLOVDIVBAN

A szocialista országok kozmikus meteorológiai együttműködésének állandó munkacsoportja 1978. április 18—24. között Plovdivban (Bulgária) tartotta XI. ülését. Az ülésen valamennyi tagország képviseltette magát.

A magyar delegáció tagjai: *Kozák* Béla elnökhelyettes (OMSZ), *Major* György igazgatóhelyettes (KLFI), *Tänczer* Tibor főosztályvezető (KLFI) és *Baj Attila* osztályvezető (Űrkutatási Kormánybizottság) voltak.

Az ülést az elnöki tisztet betöltő V. *Zaharjev* igazgatóhelyettes (Bolgár Hidrometeorológiai Szolgálat) nyitotta meg. Megállapította, hogy az együttműködés szakadatlanul fejlődik és tökéletesedik. Megemlékezett a közelmúltban lezajlott sikeres szovjet—csehszlovák közös űrrepülésről, majd a bolgár űrkutatási bizottság részéről K. *Szerafinov* akadémikus, a bizottság elnöke üdvözölte az ülés résztvevőiti.

A delegációk röviden beszámoltak az együttműködés témáiban az elmúlt év folyamán elért eredményekről. Határozat született, hogy az érdekesebb eredményekről a jövőben részletesebb beszámoló hangozzék el. Megvitatták és rögzítették az 1978—1979-re vonatkozó munkatervet. Felvetődött, hogy egyes témákban 1979-ben szimpóziumot tartsanak. Ennek megszervezését a magyar szolgálat magára vállalta.

Összeállították az 1981—85. évekre az előzetes kutatási programkatalógust. Két témakörben (műholdas információk interpretálása és felhasználása,m agasléghör—kutatás) hat témát állapítottak meg, melyek a következők:

1. Módszerek kidolgozása és tökéletesítése a légkör és a földfelszín paramétereinek meghatározására műholdas mérések alapján.
2. Műholdakról nyert adatok felhasználása az időjárás analizálásában és előrejelzésében.
3. Műholdakról nyert adatok felhasználásánál az időjárás szinoptikus analizálásában és előrejelzésében.
4. A magas légrétegek megfigyelési rendszerei nek tudományos, módszertani és technikai megalapozása.
5. A magas légkör (a tropopauzától 100 km-ig) éghajlatának kutatása.
6. A magas légkörben végbemenő folyamatok és a nap-, valamint a geomágneses aktivitás közötti kapcsolatok vizsgálata.

A magyar szolgálat az első három téma kidolgozásában jelentette be részvételét, de fenntartja a lehetőségét annak, hogy a későbbiekben a többibe is bekapcsolódjon.

A szovjet delegáció kérte a munkacsoportot, hogy tegyen javaslatot az űrrepülés során teljesítendő tudományos kísérletre és kutatásokra. Tájékoztatta egyúttal a résztvevőket, hogy jelenleg a lengyel és a német űrrepülők felkészítése folyik. Rövid beszámoló hangzott el a Szovjet METEOR típusú meteorológiai műholdakon folyó kísérletekről és a műholdak fejlesztéséről.

Figyelemre méltó bejelentések hangzottak el a szocialista országok felső légköri rakétaszondázó hálózatával kapcsolatban. A bolgár fél vállalta, hogy a Fekete-tenger partján, Ahtopol környékén rakéta-kilövő állomást létesít. Az NDK-ban a Balti-tenger partján, Mongóliában Ulánbátortól északra épül állomás. Szóbakerült a régebben működő lengyelországi Leba állomás felújítása is. A Szovjetunióban a Jamal-félszigeten már 1979-től új állomás működik.

Jelentősnek ítélték meg a felsőlégkör-kutatásban a röntgen-tartománytól a közeli infravörös tartományig végzett napsugaras méréseket, valamint az elkövetkezendő években felbocsátásra kerülő (AUOSZ-SZ-IK) elnevezésű mesterséges holdat.

A gazdag történelmi múltú város az ülés lebonyolítására és a szabadidő kellemes eltöltésére ideális volt. A bolgár űrkutatási bizottság elnöke, *K. Szerafinov* akadémikus és a Hidrometeorológiai Szolgálat elnöke, *K. Sztancsev* professzor adott fogadást a küldöttek tiszteletére. A kulturális programon városnézés, hangverseny látogatás és az ősi bacskovói kolostor megtekintése szerepelt.

Tänczer T.

METEOROLÓGIAI INFORMÁCIÓK KOMPLEX FELHASZNÁLÁSA

A meteorológiai információk komplex felhasználása (RGKNIR—19) témában a szocialista országok hidrometeorológiai és meteorológiai szolgálatainak igazgatói konferenciája

által létrehozott munkacsoport 1978. március 28–29-én tartotta 1. munkaértekezletét Potsdamban. Az ülésre a rendező NDK-n kívül a Bolgár Népköztársaság, a Csehszlovák Szocialista Köztársaság, a Lengyel Népköztársaság, a Magyar Népköztársaság és a Szovjetunió küldte el delegációját.

A munkacsoportnak ez volt az első munkaértekezlete, de az európai szocialista országok együttműködése e témában mégis számottevő múltra tekint vissza: eddig két szakértői kollégiumot tartottak (1973. Moszkva, 1975. Potsdam). Az 1. munkaértekezlet tárgyaként épp a megelőző szakértői kollégiumokon kialakított tizenegy altéma megbeszélése szolgált.

Írásbeli jelentéseket az altémákban folyó munkákról a BNK, az NDK, a CsSzK és a MNK nyújtott be, amelyekhez az egyes altémákban folyó munkát koordináló országok delegációi szóbeli kiegészítéseket fűztek.

Az ülés megállapította, hogy az egyes altémákban részt vállaló szolgálatok nagy többsége vállalásainak megfelelően tevékenykedik és a jelentéseket elfogadta.

Megvitatásra és elfogadásra került az egyes altémákban folyó tudományos munkáról a témafelelős szolgálatok által készítendő jelentések egységes formája.

A munkacsoport tevékenysége első szakaszának (1976–1980) vége közeledvén, az ülés rögzítette az egyes altémákban résztvevő szolgálatok részéről a koordináló szolgálatnak teendő jelentési kötelezettségeket, valamint a koordináló országok kötelezettségeit az elért eredményekről és a munka állásáról szóló jelentések összeállítása területén.

Végül a munkacsoport a meteorológiai információk komplex felhasználása területén kialakítandó távlati terveket (1981–85) tárgyalta meg.

Vissy K.

⚹

MŰSZEREK ÉS MEGFIGYELÉSI MÓDSZEREK EGYSÉGESÍTÉSE

Az NDK Meteorológiai Szolgálatának szervezésében 1978. április 28. és május 4. között Potsdamban rendezték a szocialista országok meteorológiai szolgálatainak műszerek és megfigyelési módszerek egységesítésével foglalkozó munkabizottság (RGUMIIP) soron következő ülését.

Ju. F. Ivanov elnökletével került megtárgyalásra az „új automatikus meteorológiai állomások" koncepciója, az ülést közvetlenül megelőző „Az automatikus meteorológiai állomások hatékony alkalmazása" című szimpózium anyagának felhasználásával. Az NDK szolgálatának felmérése szerint az automata meteorológiai állomások – a felszabadult munkaerő általi termelési érték figyelembevételével – évente 15 millió márka hasznot jelentenek a népgazdaságnak. A SZU-ban ugyanez a mutató 5 millió rubel az eddig kiépített kísérleti területre átszámítva. Az új automata meteorológiai állomások fejlesztésében a jövőben a mikroprocesszorok alkalmazását minden körülmények között figyelembe kell venni.

A szakértői értekezlet megvitatta az egyes nemzeti szolgálatok kapcsolatait a saját KGST nemzeti bizottságokkal és azt az általános megállapítást lehetett tenni, hogy e kapcsolatok minden résztvevő államban csupán formálisak. Ennek következtében a KGST-n belüli meteorológiai műszer forgalmazás – ami lényegében kis volumenű – egyre inkább beszűkül. Az automata meteorológiai állomások fejlesztésének egyik fő akadálya a megfelelő, illeszthető érzékelők hiánya.

A munkacsoport ajánlásokat dolgozott ki metrológiai (méréstudományi) és klimatizációs szimpózium megtartására, mivel mindkét kérdés alapvető az új generációjú, meteorológiai célú, automata állomás tervezésében.

A munkacsoport tagjai április 30-án meglátogatták Neubrandenburg I. kategóriájú és Grünow III. kategóriájú automata meteorológiai állomásokat.

Simon A.

⚹

A LÉGKÖRI FOLYAMATOK MODELLEZÉSÉNEK ELVEI

A Magyar Meteorológiai Társaság Róna Zsigmond Ifjúsági Körében 1978. május 11-én *Götz Gusztáv* tud. főosztályvezető előadást tartott a *légköri folyamatok modellezésének elveiről*. Az előadó az általános cirkuláció, a stacionárius planetáris hullámok és a trópusi ciklonok kialakulásának gyakorlati példái alapján – a légköri folyamatok bonyolultságának és a nem-lineáris kölcsönhatások létezésének tényeit felhasználva – bizonyította a légköri folyamatok modellezésének szükségességét. Részletesen szólt azokról az általános elvekről (a tömeg, az impulzus és az energia megmaradásának elvei), amelyek a dinamikai modellezés alapjai. Történeti áttekintés keretében kitért a különböző mozgásformák vizsgálatánál alkalmazott közelítő eljárásokra (nagyságrendi analízis, hidrosztatikai és geosztrofikus közelítés) és módszerekre (perturbációs elmélet, végesdifferencia és spektrális módszerek), amelyek lehetővé teszik az általános elvek alapján szerkesztett modellek gazdaságos számítástechnikai realizálását. Ismertette azokat a legújabb technikákat, amelyek elősegítik a numerikus prognosztikai modellek felbontóképességének és az előrejelzések érvényességi időtartamának növelését. A további fejlődés lehetőségeit elemezve, az előadó felhívta a figyelmet a dinamikai előrejelezhetőség *elvi* határának a létezésére és a szimulációs jellegű másodfajú előrejelzések készítésének szükségességére.

Előadásának befejező részében kiemelte a légköri folyamatok modellezésének a *globális légkörkutatási programban* játszott szerepét és az *első GARP kisérlet* végrehajtása után várható eredményeket.

A nagy érdeklődéssel kísért előadást a hallgatóság élénk vitája tette teljessé.

Dévényi D.

*

AZ MMT VÁLASZTMÁNYÁNAK ÜLÉSE

A Magyar Meteorológiai Társaság választmánya 1978. április 27-én tartotta a 46. Közgyűlés utáni első ülését.

A napirend első pontjaként a főtitkár tájékoztatása hangzott el a *Róna Zsigmond-alapítvány* szabályzat-tervezetéről, illetve az annak jóváhagyása érdekében végzett tevékenységről. A Választmány, tudomásul véve a tájékoztatást úgy határozott, hogy a MTESZ országos elnöksége végrehajtó bizottságának és az OMSZ elnökének jóváhagyása után az alapítványt tevőt, *Szabó Józsefné Róna Borbálát* haladéktalanul tájékoztatni kell az alapítvány létesítésének módjáról.

Az Elnökség előterjesztése alapján a Választmány megvitatta és végleges formájában megerősítette a Társaság nívódíj-szabályzatát azzal, hogy 1978-ban már annak alapján kell a nívódíjat odaítélni. Ezután határozott a nívódíj bizottság összetételéről az alábbiak szerint: a nívódíj bizottság elnöke *Csaplak Andor*, a bizottság tagjai: *Ambrózy Pál, Bodolai István, Kérdő István, Péczely György, Probáld Ferenc, Szász Gábor.*

Az *ifjúsági pályadijat* a Társaság a továbbiakban is az egyetemi tudományos diákköri konferenciákon bemutatott kiválóan értékes meteorológiai tárgyú dolgozatok elismerésére ítéli oda.

A Választmány hozzájárult az 1979-ben rendezendő „magyar – francia aeroszol szeminárium" rendezéséhez és azzal kapcsolatos feladatok végzését az Elnökség hatáskörébe utalta.

Zách Alfréd, a szervezőbizottság elnöke ismertette a XX. (VI.) vándorgyűlés előkészítése terén eddig végzett tevékenységet. A Választmány felkérte az előkészítő bizottságot, hogy a szervezés és a tudományos program részleteinek megbeszélésére kezdjen tárgyalásokat a Szlovák Meteorológiai Társaság vezetőségével.

A Társaság ezévi második félévének munkatervét a főtitkár ismertette, *Béll Béla*, a Társaság elnöke pedig az 1978. évi kiküldetési tervet ismertette és javaslatot terjesztett elő a külföldön tartandó konferenciákra történő kiküldetésekről .A Választmány a kiküldetési tervet és a személyi javaslatot jóváhagyta, egyben úgy határozott, hogy a Magyar Földrajzi Társaság pécsi vándorgyűlésén *Kakas József* választmányi tag képviselje Társaságunkat.

A Választmány örömmel vette tudomásul az elnök bejelentését, amely szerint a Magyar Földrajzi Társaság *Kakas József* tagtársunkat tiszteleti tagjául választotta meg.

A Választmány *Baksa Ferencnét* fölvette a Társaság tagjainak sorába, majd folyó ügyek sorába, majd folyó ügyek tárgyalásával fejezte be munkáját.

Szakály J.

*

AZ MMT REPÜLÉSMETEOROLÓGIAI SZAKOSZTÁLYÁNAK ELŐADÓÜLÉSE

A szakosztály 1978. április 13-i ülésén *Vissy Károly* a Központi Előrejelző Intézet tudományos osztályvezetője számolt be a Német Szövetségi Köztársaságban szerzett repülésmeteorológiai tapasztalatairól.

Az NSZK-ban a közforgalmon kívüli polgári repülés *(General Aviation)* meteorológiai kiszolgálása a meteorológiai szolgálat feladata. Ezt a munkát nem a szolgálat egy külön osztálya, hanem a közforgalmi repülőtéren működő *meteorológiai hivatalok* végzik el. A szervezésnek ezt a formáját indokolja egyrészt, hogy az NSzK-ban a kisgépes repülések zöme (a helyi és az útvonalrepülések) a közforgalmi repülőtereken, illetve repülőterek között zajlik le, másrészt, hogy a prognózist felhasználók túlnyomórészt magánszemélyek. Az NSZK-ban a a magánkézben levő repülőgépek száma ezres nagyságrendű és a nagyszámú egyéni megkeresésnek ez a decentralizált szervezeti forma felel meg legjobban.

Az NSZK területét 66 körzetre osztották és ezekre készítik az előrejelzést is. (Megjegyezzük, hogy a terület ilyen aprólékos felparcellázását sem a kisgépes repülések természete, sem az ország éghajlati különbségei nem indokolják).

A repülésmeteorológiai tájékoztatásoknak és előrejelzéseknek két formája van. Az egyik a WMO által is elfogadott GAFOR rendszer *(General Aviation Forecast System)*, a másik az egyéni tájékoztatás. A GAFOR rendszerben használt időjárási kategóriák túlságosan merevek, számuk is kevés (az előrejelzőnek a négy kategória valamelyikébe kell az adott időjárást besorolni), ezért minden repülőtéren külön diszpécserszolgálat működik a kisgépes repülőgépvezetők részletes tájékoztatására. A két rendszeres tájékoztatási és előrejelző szolgáltatáson kívül a hirtelen kitörő, a kisgépes repüléseket közvetlenül veszélyeztető időjárási jelenségek várható fellépése esetén valamennyi repülőtér meteorológiai szolgálata veszélyjelzéseket ad ki.

A repülésmeteorológiai szolgáltatások a legkülönbözőbb távközlési eszközökön jutnak el a felhasználókhoz: interurbán telefonon, telexen, magnetofon szolgálaton és azokon a repü-

lőtereken, ahol a starthely és a meteorológiai iroda között nagy a távolság, ott ipari tv-t -alkalmaznak. A hannoveri repülőtéri meteorológiai szolgálatnál, a repülőtér irányítási körzetében 1977-ben kísérletképpen bevezették a kisgépek számára is a VOLMET rendszerű meteorológiai tájékoztatást. Ennek lényege, hogy a szolgálat a legfrissebb meteorológiai tájékoztatást és körzeti repülésmeteorológiai előrejelzést félóránként (szükség esetén sűrűbben) magnetofonra mondja, és ezt egy meghatározott hullámhosszon német és angol nyelven folyamatosan kisugározza.

A repülőtereket a sikeres le- és felszállást segítő felhőalap-magasság és látástávolság-mérő és -regisztráló műszerekkel szerelték fel. A pontos és megbízható berendezések az egész világon ismert hamburgi *Impulsphysik*-cég gyártmányai. A veszélyes időjárási jelenségek földerítésére minden repülőtéri meteorológiai hivatalt radarral láttak el. Így az NSZK területe és környéke időjárási radarral többszörösen lefedett. A radarkészülékek jó része az EEC amerikai cég WSR 74/WR – 100 – 5 típusú készülékei. Kezelésük egyszerű, csaknem automatikus. A változtatható hatósugarú, digitális paraméter kijelzésű radarkészüléket önműködő képrögzítő fotoberendezéssel egészítették ki. Repülésmeteorológiai szolgálatot teljesítő valamennyi előrejelző szakembernek tisztában kell lennie a radarkészülék kezelésével és a képernyőn felderíthető meteorológiai objektumok szinoptikai értelmezésével. A körzetekre kiadott tájékoztatókban a radarmegfigyeléseken kívül nagy a szerepük a műhold felhőképeknek is. Az Offenbachban feldolgozott fölvételeket *Hell*-gyártmányú készülékekkel, valamint képtávírón továbbítják a repülőterek részére. A kisgépes repülések meteorológiai biztosításának jogi vonatkozására nagy súlyt helyeznek az NSZK-ban is. A kiadott közleményeket írásban vagy magnetofonszalagon dokumentálják és ezeket egy hónapig megőrzik. A repülések kiszolgálásában az ICAO és a WMO által elfogadott normákhoz igazodnak. Ennek lényege, hogy a meteorológus segíti a repülések sikeres végrehajtását, de utasítást vagy engedélyt nem ad. A repülés megkezdését vagy befejezését minden esetben a repülőgépvezető dönti el.

A repülésmeteorológiai szolgáltatások során egészen különleges igényeket is kielégítenek, mint például a vitorlázórepülő versenyek meteorológiai biztosítását.

Az előadó a kérdésekre és a hozzászólásokra adott válaszában kitért a tanulmányútja során szerzett egyéb fontos tapasztalatokra is: a szakemberképzés, a szervezeti fölépítés, a számítástechnika és az adatátvitel jelenlegi állapotára, valamint az ezekkel kapcsolatos tervekre. A mind a meteorológusok, mint a repülési szakemberek részére hasznos és színvonalas előadás színes diafilmvetítéssel zárult.

Szalma J.

A GARP ALBIZOTTSÁG ÜLÉSE

1978. június 5-én tartotta soros ülését a Meteorológiai Tudományos Bizottság GARP Albizottsága. Az ülést *Götz Gusztáv*, az Albizottság elnöke nyitotta meg. Röviden összefoglalta az Első Globális GARP-Kísérletre (FGGE) történő nemzetközi felkészülés aktualitásait, külön is hangsúlyozva az alap- és speciális megfigyelési rendszer létrehozását, valamint ennek keretében az öt meteorológiai-távközlési geostacioner műholdból álló rendszer üzembelépésének fontosságát. Mint ismeretes, remény van arra, hogy az elmaradt szovjet GOMS műhold helyett várhatóan még ebben az évben az Egyesült Államok és az Európai Légkörkutatási Hivatal (ESA) közös erőfeszítéseként egy GOES-típusú amerikai műhold kerüljön fellövésre többé-kevésbé az eredetileg tervezettel azonos pályaadatokkal (talppont az egyenlítő fölött 70°E).

A GARP egyre perspektivikusabbá váló második célkitűzésének megfelelően fontos kutatási témává lépett elő az *éghajlat*, amely az emberi környezet egyik szerves részeként döntően meghatározza az ember gazdasági és szociális tevékenységének kereteit. Ennek felismerését nagymértékben elősegítették az utóbbi időben tapasztalt kisebb-nagyobb klímafluktuációk. E folyamatokat már nem sikerült a klasszikus klímatográfiai módszerekkel megfelelően leírni és ezért előbb a paleoklimatológiai, majd később a klimamodellezési kutatások indultak rohamos fejlődésnek. E gondolatok jegyében kezdte áttekintő előadását *Faragó Tibor*. A továbbiakban kitért a nemzetközi együttműködés kibontakozásának állomásaira, majd röviden vázolta azokat az okokat, amelyek nemcsak elvontabb kutatási szinten, de a gazdasági tervezőmunka különböző területein is megalapozták az éghajlatra és különösképpen az éghajlatingadozásokra vonatkozó információk fontosságát.

Az éghajlat-modellezés kiinduló alapja az éghajlati rendszer számbavétele, a rendszerelemek karakterisztikus (reakció-) idejének a becslése, valamint a külső redszer behatásait (és ezek módosulásait) közvetítő kapcsolatláncok *(feedback mechanizmusok)* lényegének feltárása.

A korábbi éghajlatkutatások és az időjárási modellezés eredményeire támaszkodva fokozatosan kialakultak a különféle szintű klímamodellek. Az előadó áttekintette e modellek hierarchiáját: szólt az általános cirkulációs modellekről, a spektrális modellekről, a statisztikus-dinamikus és a sztochasztikus-dinamikus modellekről, valamint a legegyszerűbbnek számító termodinamikai energiabalansz modellekről. A modellek adekvátságának legfontosabb feltétele a nem-explicit módon figyelembe vett fizikai folyamatok helyes paraméterezése. A modellek alkalmazási körét az

előadó három fő területben jelölte meg. Ezek: *(a)* az éghajlat általános célú előrejelzése, illetve a jelenlegi szakaszban a már ismert (jelenlegi és múltbeli) éghajlatok szimulációja, *(b)* az érzékenységi vizsgálatok és esettanulmányok, amikor vagy a klímarendszer vagy a megfigyelési és numerikus modell tervezési követelményeit, stabilitását kívánják elemezni, *(c)* az előrejelezhetőségre vonatkozó kutatások. E feladatok mindegyike, de különösképpen az *(a)* feladat igen kutatás- és számításigényes. A befejező gondolatokat a modellezés e körülményeinek szentelte, utalva az ebből is fakadó nemzetközi együttműködés szükségszerűségére és eddigi eredményeire.

Az előadást követően az Albizottság megtárgyalta a Meteorológiai Tudományos Bizottság elé terjesztendő ajánlástervezetét, amelynek témája a hazai klímamodellezési kutatások fejlesztése a nemzetközi *Klímadinamikai Dekádra* való felkészülés jegyében. Az ajánlástervezet vitájában többen felszólaltak, majd az Albizottság azt egyhangúlag elfogadta.

Faragó T.

AZ MMT SZEGEDI CSOPORTJÁNAK ÜLÉSE

Kerekasztal-konferenciát rendezett a Magyar Meteorológiai Társaság szegedi Csoportja és a Szegedi Akadémiai Bizottság Környezetvédelmi és Urbanisztikai Szakbizottsága 1978. május 31-én a Technika Házában. A konferencia a szegedi városklimatológiai kutatások eddigi eredményeit, problémáit és jövőbeni feladatait vitatta meg.

Horváth Imre egyetemi tanár, az Urbanisztikai Szakbizottság elnöke nyitotta meg a konferenciát, majd *Péczely György* egyetemi tanár, a Meteorológiai Társaság szegedi Csoportjának elnöke röviden ismertette a városklimatológia főbb kérdéseit, a városi klímát kialakító tényezőket, majd bemutatta a szegedi városklimatológiai észlelő hálózat eddig létesített 11 mérési helyének területi rendszerét. A továbbiakban kifejtette *Péczely* professzor, hogy a méréseket nem feltétlenül szükséges évtizedeken át folytatni, mert néhány évnyi mérési időszak adataiból már megállapítható, hogy a különböző időjárási helyzetekben a városklíma miként különül el a háttérklímától, s így az időjárás-előrejelzés ismeretében esetleg még a város különböző területeire is prognózis adható. Végezetül az elmúlt télről egy olyan időjárási helyzetet mutatott be, amelyben különösen nagy különbség mutatkozott a város és környezetének hőmérséklete között.

A bevezető előadás után a résztvevők számos kérdést, ötletet, javaslatot vetettek fel. *Kéri Menyhért*, a Meteorológiai Társaság társelnöke méltatta a Szegedi Városi Tanács megértő támogatását, mellyel lehetővé tette a hazánkban jelenleg egyedülálló mérési hálózat létrehozását, fenntartását és a nagy jelentőségű, mintegy modellül is szolgáló vizsgálatok folytatását.

Egyes hozzászólók a jelenleg folyó méréseknek szélméréssel és magassági mérésekkel való kiegészítését javasolták. Gyümölcsözőnek ígérkezik e téren a Központi Meteorológiai Intézet szegedi Aerológiai Obszervatóriuma részéről felajánlott együttműködés, amely lehetővé tenné, hogy az Obszervatórium folyamatosan végzett magaslégköri méréseiből a városklímavizsgálatok is bizonyos adatokhoz juthassanak.

További hasznos javaslatként merült fel, hogy a városklimatológiai méréseket a jövőben növényfenológiai megfigyelésekkel lehetne kiegészíteni.

Befejezésül *Péczely* professzor válaszolt a hozzászólásokra és azt a reményét fejezte ki, hogy egy év múlva — a felvetett ötletek felhasználásával is – újabb eredményekről és tapasztalatokról tud majd beszámolni.

Kiss Á.

MEGJELENT

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

A NAPSUGÁRZÁS MAGYARORSZÁGON 1958—1972

Szerkesztette: Dr. Major György

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

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

A KÖZELMÚLTBAN MEGJELENT METEOROLÓGIAI SZAKKÖNYVEK

1. A METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT HIVATALOS KIADVÁNYAI:

XL. kötet: **A Balaton éghajlata — A Balaton térségének éghajlati jellegzetességei, hő- és vízháztartása, bioklímája** (Szerk.: BÉLL BÉLA és TAKÁCS LAJOS). Budapest, 1974. 316 B/5 lap. Ára vászonkötésben: 150,— Ft.

XLI. kötet: **A meteorológiai mezők statisztikai szerkezete** (Szerk.: CZELNAI, R., L. S. GANDIN, W. I. ZACHARIEW). Orosz és német nyelven. Budapest, 1976. 364 A/4 lap. Ára fűzve: 80,— Ft.

XLII. kötet: HAJÓSY FERENC, KAKAS JÓZSEF, KÉRI MENYHÉRT: **A csapadék havi és évi összegei Magyarországon a mérések kezdetétől 1970-ig.** Magyar és német nyelven. Budapest, 1975. 356 A/4 lap. Ára fűzve: 520,— Ft.

2. A METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT KISEBB KIADVÁNYAI:

42. szám: KOFLANOVITS ERIKA: **A csapadékmennyiség változékonyságának elemzése Közép-Európában** (Magyar és angol nyelven). Budapest, 1977. 72 B/5 oldal. Ára fűzve: 25,— Ft.

43. szám: N. DÁVID ARANKA: **Sugárzásháztartás a Fertő tavon** (Magyar és német nyelven). Budapest, 1977. 54 B/5 oldal. Ára fűzve: 25,— Ft.

44. szám: MAJOR GYÖRGY—MISKOLCI FERENC—MOLNÁR GYULA: **A légköri hőmérséklet műholdas szondázásának kutatása Magyarországon** (Angol nyelven). Budapest, 1978. 70 B/5 oldal. Ára fűzve: 25,— Ft.

*

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

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

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

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

78.0655 Athenaeum Nyomda, Budapest — Íves magasnyomás
Felelős vezető: Soproni Béla vezérigazgató

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

INDEX: 26 361

HU ISSN 0324—6329

IDŐJÁRÁS

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT HIVATALOS LAPJA

TARTALOM

Antal Emánuel: A mezőgazdaságnak nyújtott meteorológiai szolgáltatás hatékonysága 249

Dobosi Zoltán: A Föld-légkör rendszer sugárzási egyenlege és a klímaövek eltolódása (angol nyelven) 257

Práger Tamás: Hidrodinamikai módszer a Kárpát-medence időjárásának finomfelbontású előrejelzésére II. 263

Götz Gusztáv: Az első globális GARP-kísérlet összetett megfigyelő rendszere 276

Krónika 299

CONTENTS

Antal, E.: Efficiency of Meteorological Services Offered to Agriculture 249

Dobosi, Z.: Influence of the Shift of Climatic Regions on the Radiation Balance of the System Earth-Atmosphere (English text) 257

Práger, T.: A Hydrodinamical Method for Finely-Resolved Weather Forecasting in the Carpathian Basin 263

Götz, G.: The Composite Observing System of the First GARP Global Experiment (FGGE) 276

Chronicle 299

82. ÉVF. ★ 5. SZÁM ★ 1978. SZEPTEMBER—OKTÓBER

IDŐJÁRÁS

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

SZERKESZTŐ BIZOTTSÁG – EDITORIAL BOARD:

AMBRÓZY P. (Budapest)
ANTAL E. (Budapest)
BAUR, F. (Bad Homburg)
BESSEMOULIN, M. J. (Paris)
BOSSOLASCO, M. (Genova)
BÖHME, W. (Potsdam)
BUDYKO, M. I. (Leningrad)
ČADEŽ, M. (Beograd)
DAVITAJA, F. F. (Tbiliszi)
DONEAUD, A. (Bucuresti)
GÖTZ G. (Budapest)
GULYÁS O. (Budapest)
KONČEK, M. (Bratislava)
LOGVINOV, K. (Kijev)
MÄDE, A. (Halle/Saale)
MÉSZÁROS E. (Budapest)
VAN MIEGHEM, J. (Bruxelles)
NGUYEN-XIEN (Hanoi)
OKOLOWICZ, W. (Warszawa)
PASZINSKY, J. (Warszawa)
PÉCZELY GY. (Szeged)
RADINOVIĆ, D. (Beograd)
RÁKÓCZI F. (Budapest)
ŠAMAJ, F. (Bratislava)
STEINHAUSER, F. (Wien)
STELCZER K. (Budapest)
SZEPESI D. (Budapest)
TAKEUCHI, K. (Tokio)
TUVDENDORZS, D. (Ulan-Bator)
VARGA-HASZONITS Z. (Budapest)
VITEK, V. (Praha)
WHITE, R. M. (Rockville)

ELNÖK – CHAIRMAN OF THE EDITORIAL BOARD:
BODOLAI I. (Budapest)

SZERKESZTŐ – EDITOR: LŐRINCZ ANNA (Budapest)

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

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 82. évf. 5. szám. 1978. szept.—okt.
Journal of the Meteorological Service, Vol. 82. No 5 September—October 1978 Budapest

A mezőgazdaságnak nyújtott meteorológiai szolgáltatás hatékonysága

ANTAL EMÁNUEL, *Központi Légkörfizikai Intézet, Budapest*

Efficiency of Meteorological Services Offered to Agriculture. The use of fertilizers and agricultural water resource management are requiring a new and more extended kind of meteorological information. Procuring and systematically requiring this surplus information is connected with higher expenses. This paper is briefly describing a method for approximately evaluating the efficiency of meteorological services in the fields of both agricultural activities in question (i. e. fertilizer use and water resource management). Efficiency is characterized by the usual gain/expense index. It is discused, which are the factors, which could or should be taken into account. Expense factors are, in equation (3), divided into components, and they are, under (6) and (7), specified to agricultural operation units and to quadrangles of crop production. By using these equations, a particular exemple is presented for the calculation of the gain/expense index as a function of weather conditions and of climate for a fertilized area. In the second part of the paper, the economical efficiency of agricultural water management is analyzed, this being a field wich is highly depending on weather conditions. The relations existing between irrigation and meteorological services are emphasized. Among the further investigations wich appear to be desirable ones on this subject, the Author is underlining a more exact evaluation of the agricultural damages caused by weather factors, without which it is impossible to construct, with the necessary degree of reliability, a loss-function for the damages caused by meteorological factors in the fields of fertilizer use and agricultural water management. In the opinion of the Author, concerning the elucidation of the economical efficiency of meteorological services, the primordial need for the future consists in the development of an evaluation method which is extending also to details. However, a quantification of the results cannot be obtained without a co-operation in the evaluation on the side of the agricultural units which are immediately profiting from the meteorological services.

*

Эффективность метеорологического обслуживания сельского хозяйства. Применение искусственного удобрения и сельскохозяйственное водное хозяйство требуют использования все новой и более многосторонней информации. Приобретение этой дополнительной метеорологической информации и ее систематическое получение сопровождаются значительной затратой времени. В настоящей работе коротко описывается приближенный метод, позволяющий оценивать эффективность метеорологического обслуживания отдельных областей сельского хозяйства (удобрение, водное хозяйство). В предлагаемом методе, в качестве характеристики эффективности применяется общепринятый коэффициент «выгода/затраты». В работе анализируются факторы затрат, которые целесообразно или необходимо учитывать в соотношении, описывающем коэффициент польза/затраты. В формуле (3) расходы разбиваются на составляющие, а в формулах (6) и (7) они детализируются для сельскохозяйственных организаций и для обрабатываемых участков. Приводится конкретный пример вычисления коэффициента польза/затраты с использованием указанных уравнений, для участка, на котором удобрение осуществлялось в зависимости от погоды и климата. Во второй части работы анализируется экономическая эффективность метеорологической информации, используемой в области сельскохозяйственного водного хозяйства, в весьма большой степени зависящего от метеорологических условий, причем подчеркивается связь орошения с метеорологичес-

ким обслуживанием. Из дополнительных исследований, необходимых в области рассматриваемой темы, автор считает весьма важной задачей уточнить оценки сельскохозяйственных ущербов, без чего невозможно достоверно построить функцию потерь в области удобрения и сельскохозяйственного водного хозяйства, связанных с погодой. По мнению автора, при выяснении экономической эффективности метеорологического обслуживания сельского хозяйства необходимо, прежде всего, разработать методов оценки, охватывающих и детали. Однако, получить численные величины оценки невозможно без участия в этой работе сельскохозяйственных организаций, являющихся непосредственными потребителями метеорологической информации.

*

A termelés tervszerű irányításában renkívüli nehézségeket okoz az időjárás hatásának tulajdonítható terméseredmények évenkénti ingadozása. A termés stabilitásának biztosítása magas szinten, valamint a kedvezőtlen időjárási hatások kiküszöbölése ma az agronómia egyik legfontosabb feladata.

A termelékenység emelésében napjainkban nagy szerepet játszik a műtrágyázás fokozása és a mezőgazdasági vízgazdálkodás racionalizálása. A műtrágya ésszerű felhasználásának, valamint a vízgazdálkodás hatékonyságának növelése számottevően függ az éghajlati adottságokhoz és az időjárási viszonyokhoz való alkalmazkodás, illetve az időjárási károk hatásának csökkentése mértékétől.

Napjainkban napirenden van a műtrágyázási szaktanácsadás megszervezése. A szaktanácsadási modelleket számítógépre tervezik, s ennek egyik jelentős tényezője az időjárást és éghajlatot jellemző adatok bevitele.

Mind a műtrágyázás, mind a mezőgazdasági vízgazdálkodás megtervezése és végrehajtása az eddiginél újabb és sokoldalúbb meteorológiai szolgáltatásokat igényel.

Természetesen a többletszolgáltatás fokozott ráfordítással jár. Érthető tehát, ha a felhasználók részéről fölmerül a kérdés; érdemes-e az alap- és kiegészítő meteorológiai információért fizetendő többletkiadásokkal megnövelni a termelési költségeket? Ha a kérdésre számokban kifejezhető választ akarunk adni, akkor olyan objektív hatékonyságszámítási módszerek szükségesek, amelyekkel egyértelműen meghatározható a haszon/költség index. Az alábbiakban vázolunk egy közelítő becslési eljárást, amely lehetővé teszi a meteorológiai szolgáltatások hasznosulásának felmérését az egyes mezőgazdasági tevékenységek viszonylatában.

Általában a haszon/költség indexet használják a hatékonyság jellemzésére. Egy-egy speciális területre vonatkoztatva részletezni kell, hogy milyen tényezőket célszerű számításba venni egyrészt a haszon kategóriában, másrészt a költség rovatban. A feladat annál nehezebb, minél kiterjedtebb ágazatra kívánják a haszon/költség indexet kiszámítani. Ha azonban a mezőgazdasági szektorból kiemeljük a műtrágyázást és a mezőgazdasági vízgazdálkodást, akkor valamelyest egyszerűsíthető a feladat megoldása.

A meteorológiai szolgáltatások gazdasági hatékonyságának indexét általánosságban az alábbi összefüggéssel írhatjuk le (Gruska et al., 1973: Dmitrenko, 1971: Dmitrenko, Rogodzsán, 1972.):

$$E_g = \frac{\Delta H}{\Delta K} \tag{1}$$

ahol E_g a meteorológiai szolgáltatás gazdasági hatékonyságának indexe,

ΔH a meteorológiai szolgáltatás felhasználása következtében létrejövő többlethaszon,

ΔK a meteorológiai szolgáltatás ellenértéke, vagyis a többletkiadás az információkért.

A hatékonysági index kiszámítása során két kérdés vetődik fel:

– hogyan határozható meg a többlethasznon objektív úton?
– és milyen költségeket számítunk a szolgáltatás ellenértékeként?

Mindenek előtt értelmezzük a meteorológiai szolgáltatások hatékonyságának indexét. *A hatékonysági index azt mondja meg, hogy a meteorológiai szolgáltatásért kifizetett 1 Ft többletköltség eredményeként hány Ft többlethaszon keletkezik.*

A többlethaszon meghatározása történhet becsléssel vagy tényleges számítással. Az előbbi eljárás minden esetben alkalmazható, az utóbbi csak az erre a célra beállított nagyüzemi kísérletben. Ez esetben rendelkeznünk kell olyan eseménnyel, amelyet a meteorológiai információk birtokában szerveznek meg, másrészt egy kontroll eseménnyel, ahol a meteorológiai szolgáltatást nem hasznosítják. A kettő közötti haszonkülönbség a többlethaszon, vagy rossz információ esetén a veszteség.

Az előbbi gondolatmenetet példával is illusztrálhatjuk. Egy adott területre annyi műtrágyát juttatnak ki, amennyit a termesztéstechnológia előír. Ezt a területet tekinthetjük kontroll táblának. A másik táblán a várható időjárási viszonyoknak, vagy pedig egy adott éghajlati valószínűséggel (pl. 80%) várható „mértékadó időjárás"-nak a figyelembe vételével számítják ki az alkalmazandó műtrágya mennyiségét. Világos, hogy a kétféle műtrágyázás más-más végeredményhez – termésmennyiséghez – vezet.

Az index értéke változhat egyrészt úgy, hogy a nevezőben levő ráfordításért fizettek-e vagy nem (pl. a valószínűségi értékeket a gazdaságok maguk határozták meg a Meteorológiai Évkönyvekből – a gazdaságoknak nincs többletköltsége –, vagy pedig az Országos Meteorológiai Szolgálattól rendelték meg – van többlet ráfordítás –, a várható időjárást a rádióból és sajtóból ismerték meg – nincs költség –, vagy a megrendelt „Időjárási Napijelentés"-ből – van ráfordítás –).

Az index értéke változhat attól függően is, hogy a számláló milyen mértékben tér el a nullától pozitív (többlethaszon) vagy negatív (ráfizetés) irányában.

A meteorológiai szolgáltatások hatékonyságának elemzésénél azonban nemcsak a közvetlenül megrendelt (szerződéses kutatások és szolgáltatások, megrendelt „Napi jelentések", távprognózisok stb.) információjuttatás költségeit kellene a ráfordítás rovatban feltüntetni, hanem a felhasználókhoz térítésmentesen eljutó előrejelzések és egyéb meteorológiai adatok alapköltségeinek (költségvetési felhasználás, össztársadalmi költség) megfelelő hányadát is. Ennek számbavétele azonban rendkívül nehéz, minthogy ismernünk kellene azt, hogy a kijutó meteorológiai információt hányan használják fel.

Az (1)-es összefüggés részletekre bontása is felírható, ha azt pl. a műtrágyázás esetére akarjuk felhasználni:

$$E_g = \frac{\Delta H}{K} = \frac{H_i - H_k}{K_i - K_k} \qquad (2)$$

ahol H_i a bruttó haszon a meteorológiai információk felhasználása alapján kezelt táblán,

K_k ugyanaz a kontroll táblán,

K_i első közelítésben a szerződéses meteorológiai szolgáltatásokért a gazdaság által ténylegesen kifizetett összeg. A kontroll táblán a $K_i = 0$, minthogy ott semmiféle meteorológiai információt nem hasznosítottak.

K_k a kontroll táblára eső meteorológiai költségtényező, ami az állami költségvetésből ered (erre később visszatérünk).

A költségráfordítások megfogalmazhatók népgazdasági szinten is. Nevezetesen, a meteorológiai szolgáltatások költségvetési számláját megbecsülhetjük a főbb népgazdasági ágazatokra szétosztva, majd a kiszámított ágazati költséghányadot a mezőgazdaságnál területegységre (ha-ra) vetítjük. Így a K_i objektív számadatokkal jellemezhető, vagyis

– a megrendelt meteorológiai információ figyelembevételével kezelt táblán a

$$K_i = K_a + K_r + K_s \tag{3}$$

– ill. a kontroll táblán

$$K_k = K_a \tag{4}$$

K_a a terület-egységre kiszámított meteorológiai alapköltség,

K_r a gazdaság által megrendelt rendszeres szolgáltatások költsége (Napi jelentés, Agrometeorológiai Tájékoztató stb. megrendelési költsége)

K_s a speciális meteorológiai szolgáltatások költsége (szerződéses kutatások és szolgáltatások díja pl. a műtrágyázási szaktanácsadás biztosítása esetén stb.),

K_k pedig a kontroll táblára jutó meteorológiai alapköltség.

Korábban csak a K_r és K_s értékeit vonták be a hatékonysági viszgálatokba. Úgy tűnik, a K_a-val nem érdemes foglalkozni, mivel mind a két egyenletben szerepel. A mezőgazdasági üzemek azonban nem minden táblára használják azonos mértékben a meteorológiai szolgáltatásokat, így a hatékonyság kiszámításánál célszerű a szóban forgó táblára a tényleges ráfordítást számbavenni. A gazdaságra jutó meteorológiai (költségvetési) alapráfordítás (K_a), a gazdaság összterülete ($T_ö$), valamint a tábla ha-ban kifejezett nagysága (T_t) ismeretében kiszámítható a táblára jutó meteorológiai (költségvetési) alapráfordítás (K_{at}):

$$K_{at} = \frac{K_a \cdot T_t}{T_ö} \tag{5}$$

A (3) a (4) és az (5) formula birtokában kifejezhető a meteorológiai információ táblára jutó összköltsége, mind az információ felhasználása alapján kezelt tábla (K_{it}), mind a kontroll tábla (K_{kt}) esetén:

$$K_{it} = \frac{K_a \cdot T_t}{T_ö} + K_t + K_{st} \tag{6}$$

$$K_{kt} = \frac{K_a \; T_t}{T_ö} \tag{7}$$

Itt T a gazdaság területét, a t index pedig a táblát jelöli. A T_t és $T_ö$ dimenziója ha.

Példa az időjárás és éghajlat függvényében műtrágyázott terület haszon/költség indexének kiszámítására:

A gazdaság összterülete $T_ö = 3000$ ha, a meteorológiai szolgáltatások alapján műtrágyázandó kukorica tábla mérete $T_t = 1000$ ha, ugyanekkora a kontroll tábla is, ahol a hagyományos technológia szerint műtrágyáznak. A gazdaságra jutó meteorológiai költségvetési alapráfordítás $K_a = 1500$ Ft. A gazdaság járatja az Időjárási Napijelentést (720 Ft/év) és a Havijelentést (340 Ft/év), így a rendszeres meteorológiai szolgáltatások költsége $K_r = 720 + 340 = 1060$ Ft. Szerződéses viszonya nincs a Meteorológiai Szolgálattal, így $K_s = 0$. A meteorológiai információk szerint kezelt táblán a bruttó haszon $H_i = 20\,000$ Ft/ha, a kontroll táblán $H_k = 18\,000$ Ft/ha.

A fenti adatok alapján objektív módszerrel kiszámítható a gazdaság számára nyújtott meteorológiai szolgáltatások gazdasági hatékonysága.

A számítások végrehajtása

$$K_{at} = \frac{K_a \cdot T_t}{T_ö} = \frac{1500 \cdot 1000}{3000} = 500 \text{ Ft/tábla}$$

$$K_{rt} = \frac{K_r \cdot T_t}{T_ö} = \frac{1060 \cdot 1000}{3000} = 353 \text{ Ft/tábla}$$

$$K_{st} = 0$$

$$K_{it} = K_a + K_r + K_s = 500 + 353 + 0 = 853 \text{ Ft/1000 ha}$$

$$K_{kt} = K_a = 500 \text{ Ft/1000 ha}$$

$$H_{it} = 18\,900 \text{ Ft/ha} \cdot 1000 \text{ ha} = 18{,}9 \text{ millió Ft/1000 ha}$$

$$H_{kt} = 18\,000 \text{ Ft/ha} \cdot 1000 \text{ ha} = 18 \text{ millió Ft/1000 ha}$$

$$E_{gt} = \frac{H_{it} - H_{kt}}{K_{it} - K_{kt}} = \frac{18{,}9 \text{ millió} - 18 \text{ millió}}{853 - 500} \approx 2500$$

Ha tehát 5%-os terméstöbbletet számítunk (kontrollon 18 500 Ft/ha, a kezelt táblán pedig 18 900 Ft/ha) a meteorológiai információk hasznosítása eredményeként, akkor csaknem 2500-szoros mutatót kapunk.

Ez azt is jelenti, hogy minden 1 Ft, amit a meteorológiai információ beszerzésére fordított a mezőgazdasági üzem, 2500-szorosan térült meg. Észre kell vennünk, hogy a gazdasági hatékonyság indexe annál nagyobb, mennél magasabb a hektáronkénti bruttó termelési érték. Ugyanis a nevezőben levő meteorológiai kiadás nem változik a termelési értékkel. Ebből egyenesen következik: *az elkövetkező évtizedekben a meteorológiai szolgáltatások hatékonysága olyan mértékben növekszik a mezőgazdaságban, amilyen mértékben növekszik az 1 hektárra jutó bruttó termelési érték.* A haszon %-os növekedése pedig attól függ, hogy az időjárástól függő mezőgazdasági tevékenység végrehajtása során milyen mértékben kerül felhasználásra a rendelkezésre álló, s egyre bővülő meteorológiai szolgáltatás.

A fent elmondottakhoz hasonló módon elemezhető az időjárási viszonyok-

tól rendkívüli mértékben függő mezőgazdasági vízgazdálkodás (csapadék-lefolyás-belvíz-párolgás-öntözés relációk befolyásolása) területén a meteorológiai szolgáltatások gazdasági hatékonysága.

A mezőgazdasági vízgazdálkodás köréből emeljük ki most az öntözést.

A zöldség-, gyümölcs- és szántóföldi növénytermesztés függése az időjárási behatásoktól minden más termelési ágazatot felülmúl, különösen a mi éghajlati viszonyaink között.

Ez azzal magyarázható, hogy a meteorológiai tényezők itt döntő hatást gyakorolnak a növény vízellátottságára, s ezen keresztül a terméseredményekre. Jelenleg ugyanis alig van lehetőség a növény természetes vízellátásának (csapadékellátottság) szabályozására. Mesterséges vízellátással azonban megváltoztatható a növények vízgazdálkodása, akár víz odaszállítással (öntözés), akár csapadékmegőrzéssel (talajmelioráció), akár pedig a transpiráció és az evaporáció csökkentésének útján.

Ezen agrotechnikai intézkedések során ugyan felhasználnak bizonyos meteorológiai információt (többnyire az éghajlati normálértékeket, esetenként a napi prognózisokat), azonban semmiféle megalapozott stratégia nincs (*Satilov*, 1970), noha mindenki előtt világos, hogy a mezőgazdasági vízgazdálkodással kapcsolatos agrotechnikai eljárások hatékonyságát számottevően meg lehetne növelni, ha az intézkedések megtervezésekor ésszerűbben felhasználnák a rendelkezésre álló és egyre bővülő meteorológiai információt.

Igaz, a csapadékelőrejelzés számításbavétele az öntözési időpont és a kiöntözendő víz mennyisége meghatározásánál ma még nem megoldható, különösen ha az időtartam eléri az 1 – 2 hetet. Gyakorlatilag ma még csak a már lehullott mennyiséget vesszük számításba, mégis nagy segítséget jelent ez az információ is, különösen a vízigény és a tényleges csapadékellátottság térbeli eloszlásának áttekintésénél. Az öntözés végrehajtásához hozott döntéseknél ugyanis már előzetesen biztosítani kell azt, hogy a kiadandó vízmennyiség ne eredményezzen káros következményeket. Ilyen esetben a jól összeállított meteorológiai információ biztosítja a helyes döntést és végülis a gazdasági hasznot.

Az öntözéses gazdálkodás számára adott meteorológiai tájékoztatások hatékonyságának értékeléséhez tekintsük át a jövedelem összetevőit egy n kultúrából álló öntözéses üzemre, ahol az egyes táblák nagyságát T_i-vel jelölhetjük. A főbb bevételi és kiadási összetevőket az alábbi egyenletben foglalhatjuk össze:

$$\sum_{i=1}^{n} N_i T_i = \sum_{i=1}^{n} B_i T_i - \sum_{i=1}^{n} K_{ái} T_i - \sum_{i=1}^{n} K_{vi} T_i - \sum_{i=1}^{n} K_{mi} T_i \qquad (8)$$

ahol
- N_i az i-edik kultúra által biztosított tiszta (nettó) jövedelem (Ft/ha-ban),
- B_i ugyanezen öntözött tábláról származó bruttó bevétel hektáronként,
- $K_{ái}$ az állandó jellegű kiadások (vetés, növényápolás, műtrágyázás, betakarítás költsége),
- K_{vi} a változó jellegű kiadások (tározó öntözés, tenyészidőszaki öntözés, öntözőberendezés fenntartási költsége, a többlettermés betakarításának költsége és kiadások a meteorológiai információkért).

A hatékonysági index kiszámításánál öntözéses gazdálkodás esetén az (1)-es és a (9)-es összefüggés kombinációja adja a munkaformulát.

A gyakorlati számítások végrehajtásához azután ugyanúgy, mint az előző példánknál, felhasználhatók a (2), (5), (6), (7) összefüggések. Ily módon a tiszta jövedelem összetevőinek, illetve a hatékonysági indexnek az értékelése nem okoz nehézséget az öntözéshez használt meteorológiai tájékoztatás elemzésénél sem. Megjegyezzük, hogy az értékelés akkor reális, ha az adat konkrét mezőgazdasági üzemre, vagy öntözőfürtre vonatkozik. Ennél nagyobb területegységek esetén a meteorológiai szolgáltatások gazdasági hatékonyságának felmérése csak tájékoztató jellegű számadatokhoz vezethet, minthogy az egyes üzemek közötti felhasználási eltérések „*torzítják*" az adatokat, vagyis a korszerű színvonalon dolgozó mezőgazdasági üzemeknél számítható magas hatékonysági indexet lerontják a meteorológiai információt nem használó gazdaságokra levezetett indexek.

Ezeknek a torzításoknak az elkerülésére *Fedoszeev* (1973) alkalmazza a *potenciális gazdasági hatékonyság és a tényleges gazdasági hatékonyság* fogalmát.

Az előbbi az a várt érték, amit akkor lehetne elérni, ha az adott mezőgazdasági üzem az összes odaillő meteorológiai információt hasznosítaná a döntések meghozatala során. Az utóbbit az információ felhasználás eredményeként létrejövő mezőgazdasági többlettermés számbavételével határozzák meg (*Fedoszeev*, 1971; *Zsukovszkij*, 1974; *Zsukovszkij*, *Csuduovszkij*, 1974), valamint a meteorológiai szolgáltatásért kiadott többletköltség figyelembevételével.

Érdemes megjegyeznünk, hogy a meteorológiai tájékoztatások (előrejelzések, klimatológiai adatszolgáltatás, agrometeorológiai tájékoztatás stb.) gazdasági értéke mind a műtrágyázás, mind az öntözéses gazdálkodás számára rendkívül jelentős nem is annyira a mindennapi operatív gazdálkodás során, mint inkább a hosszútávú stratégiák kidolgozásánál.

A klimatológiai információk nem ismerete, a meteorológiai helyzetről való nem kellő tájékozottság, a időjárási folyamatok megváltoztathatóságára utaló naiv elképzelések mind-mind arra vezethetnek, hogy a reálistól jelentősen eltérő stratégiák születhetnek (pl. a tájtermesztésnél nem veszik figyelembe a táj éghajlatát; a szükségesnél több öntözővíz normát terveznek; a műtrágyaadagok megtervezésénél nem veszik figyelembe sem az időjárás hatását, sem az éghajlat területi változását; nem tekintik az éghajlat meghatározó szerepét a biológiai potenciál meghatározásánál stb.).

A meteorológiai szolgáltatások gazdasági hatékonyságának értékelésére vonatkozó kutatómunkák továbbfejlesztéséhez még számos feladat vár megoldásra. *Boriszenkov*, *Gandin* (1976) és munkatársai szerint pl. alapvető feladat az információ költségének a pontos meghatározása akár gyakorlati, akár elméleti számítások útján, de nem elképzelhetetlen e célra helyszíni kísérletek beállítása, különösen a mezőgazdasági ágazatban. Nincs még kellően feltárva az időjárás által okozott kár, ezért nélkülözhetetlen a veszteségfüggvények kidolgozásához szükséges adatok begyűjtése. Részletekbe menő értékelési módszerékre van szükség, nem pedig népgazdasági ágazatonkéntire. Ösztönözni kell mind azokat a szervezeteket, üzemeket, amelyek kapcsolatban vannak a Meteorológia Szolgálattal, hogy vegyenek részt a szolgáltatás gazdasági hatásának felmérésében.

IRODALOM

Boriszenkov, E. P., Ruszin, N. P., Gandin, L. Sz., Imjanitov, I. M., Braginszkaja, L. L., 1976.: Obscsie principü ocenki ekonomicseszkoj effektivnoszti iszpolyzovanija gidrometeorologicseszkoj informacii v narodnom hozjajsztve. – *Gidrometeorologija i narodnoje hozjajsztvo. Trudü* II., pp. 5–15. Moszkva.

Dmitrenko, V. P., 1971.: Oszobennoszti agrometeorologicseszkogo obszluzsivanija i informacii. – *Trudü UkrNIGMI*, vüp. 109.

Dmitrenko, V. P., Rogodzsan, JU. V., 1972.: Effektivnosztj ocenki szvoevremennoszti poszeva kukuruzü. – *Trudü UkrNIGMI*, vüp. 115.

Fedoszeev, A. P., 1971.: Effektivnosztj mineraljnüh podkormok jacsmenja v zaviszimoszti ot pogodnüh uszlovij. – *Trudü IEM*, vüp. 22.

Fedoszeev, A.P.,1973. : O metodah ocenki ekonomicseszkoj effektivnoszti agrometeorologicseszkih rekomendacij szeljszkomu hozjajsztvu. – *Effektivnosztj gidrometeorologicseszkogo obszluzsivanija narodnogo hozjajsztva.* UNIGMI, pp. 131–138., Gidrometeoizdat, Leningrad.

Gruska, I. G., Dmitrenko, V. P., Lucsikaki, V. M., Rogodzsan, Ju. V., 1973.: Ocenka ekonomicseszkoj effektivnoszti agrometeorologicseszkih prognozov szeva szeljszkohozjajsztvennüj kuljtur. – *Effektivnosztj gidrometeorologicseszkogo obszluzsivanija narodnogo hozjajsztva.* UNIGMI Gidrometeoizdat, Leningrad, pp. 139–145.

Satilov, I. Sz., 1970.: Ekonomicseszkie, biologicseszkie i agrotechnicseszkie uszlovija polucsenija zaplanirovannüh urozsaev. – *Izv. TSzHA*, vüp. 1.

Zsukovszkij, E. E., Csudnovszkij, A. F., 1974.: Optimaljnüe resenija pri naznacsenii oroszitelјnüh norm. – *Tr. UkrNIGMI*, vüp. 128.

Zsukovszkij, E. E., 1974.: K szravneniju razlicsnüh variantov iszpoljzovanija meteorologicseszkoj informacii pri prinjatii hozjajsztvennüh resenij. – *Meteorologija i Gidrologija*, No. 2.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 82. évf. 5. szám. 1978. szept.—okt.
Journal of the Meteorological Service, Vol. 82. No 5 September—October 1978 Budapest

Influence of the Shift of Climatic Regions on the Radiation Balance of the System Earth-Atmosphere

Z. DOBOSI, *Chair of Meteorology, Loránd Eötvös University, Budapest*

A Föld-légkör rendszer sugárzási egyenlege és a klimaövek eltolódása. A szerző az ún. Szahel övezetben, 1972-ben tapasztalt katasztrofális szárazság valószínű okaival foglalkozik. Abból a tényből indul ki, hogy műholdas mérések szerint 1970—1972 között az északi poláris területeken jelentősen megnövekedett a hó- és jégtakaró kiterjedése, s ezt hozza oksági kapcsolatba a Szahel övezet aszályával. Abból a tapasztalatból indul ki, hogy az utolsó Würm-glaciális idején az északi félgömbön a klímaövek délebbre tolódtak. A délebbre tolódás tényét paleobotanikai vizsgálatok igazolják. A jelenség feltételezi még a déli félgömb eljegesedésének változatlan voltát, amint ez valószínű is volt. A termikus egyenlítő déli irányú eltolódása azzal jár, hogy a nyári esőzések kimaradnak a 10—15° N szélességek közötti Szahel övezetben. A szerző a Würm-glaciálisra elvégzett sugárzási egyenleg számításaival igazolja a leírt jelenséget. Ezen paleoklimatológiai vizsgálatok eredményét kivetítve a jelenre, arra a következtetésre jut, hogy a sarki hótakaró tapasztalt megnövekedése átmenetileg hasonló klímaöv eltolódást idézhet elő, mint ami az utolsó jégkorszakban tartósan fennállott, s ezzel magyarázza a Szahel öv aszályát.

⁂

Радиационный баланс системы Земля-атмосфера и смещение климатических зон. Автор рассматривает возможные причины катастрофической засухи, имевшей место в 1972 г. в так называемой Сахельской зоне. Он исходит из факта, что поданным спутниковых наблюдений, в период с 1970 по 1972 гг. в северных полярных районах в значительной мере увеличилось распространение снежного и ледяного покровов и это он связывает с засухой в Сахельской зоне. При этом автор учитывает выявленное смещение климатических зон на северном полушарии в южном направлении во время последнего Вюрмского ледникового периода. Это южное смещение подтверждается результатами палеоботанических исследований. Рассматриваемое явление предполагает постоянство оледенения в южном полушарии, как это и можно было ожидать. Смещение термического экватора в южном направлении сопровождается тем, что в Сахельской зоне, располагающейся между северными широтами 10—15° летние дожди не выпадают. Описанное явление подтверждается результатами вычисления радиационного баланса, выполненного автором для Вюрмского ледникового периода. Относя результаты этих палеоклиматологических исследований к настоящему времени, автор приходит к выводу о том, что наблюдаемое увеличение снежного покрова в полярных районах может вызвать временное смещение климатических зон, подобное длительному смещению, имевшему место во время последнего ледникового периода и этим объясняется засуха в Сахельской зоне.

⁂

In the relationship existing between the radiation balance of the Earth-Atmosphere system on the one hand, and the position and properties of the climatic zones on the other hand probably a number of feed-back connections are operating. It is a question of standpoints, whether one or the other factor is

selected as a starting point, similarly to the fact, that the cryosphere and the biosphere are considered, at a time, as elements of a climatic system while at other occasions, they are treated only as consequences of the climatic conditions.

It could be a useful procedure to investigate, on the basis of a climatical zonality which is highly different from the presently existing one, the influence exerted by these conditions on the planetary radiation balance. In fact, this is a consideration of the mutual feed-back influence from one of its directions, by selecting the elements of this relation according to their directions.

The title of this article is justified by our procedure, in which we are considering as given facts the climatical zonalities which prevailed at the time of

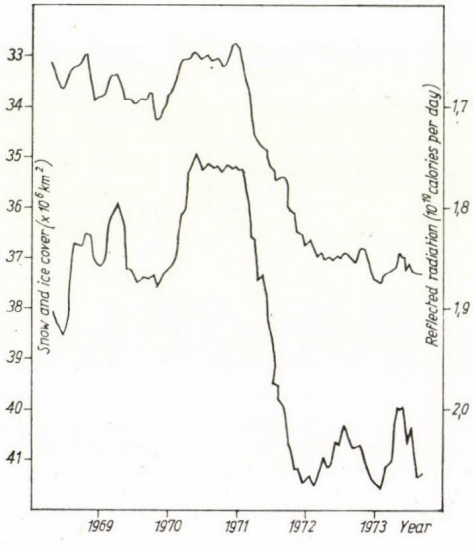


Fig. 1: a) The curve of the 12-month running average values of the areas of the Northern Hemisphere which are covered by snow and ice; *b)* variation of reflected radiation without taking into account nebulosity conditions; according to *G. J.* and *H. J. Kukla*

1. ábra: *Az északi félgömb hó- és jégtakaróval borított területeit 12 hónapos átkaroló közepekkel ábrázoló görbe* (a) *és a visszavert sugárzás megváltozása a felhőzet figyelembevétele nélkül* (b); *Kukla G. J. és Kukla H. J. nyomán*

the last glaciation of the Pleistocene period, i.e. during the Würm glaciation, and we are undertaking to draw some conclusions on the radiation balance prevailing during this period.

It should be noted in preliminary that in the following, the expression "radiation balance" has the meaning of the radiation balance of the Earth-Atmosphere system.

The goal of the Decade of Dynamical Climatology which is to be inaugurated in the year 1980, consists in the study of climatic changes and the possibilities of their forecasting. Climatic changes and climatic fluctuations are often related to a shift of the climatical zones, which are themselves explained by changes in the general circulation.

The investigations, which resulted in the spatial distribution of the radiation balance of the Earth on the basis of measurements executed by the satellites Nimbus 2 and Nimbus 3 *(Raschke, Vonder Haar* et al., 1973) were the first ones which were yielding on the radiation balance of the Earth-Atmosphere system a material which can be climatologically evaluated. By using these results it became possible to study the influence exerted by the various elements of the climatical system, such as, e.g., the hydrosphere, the continents, the cryosphere and the biosphere, on the radiation balance of the

Earth-Atmosphere system. Further it became possible to investigate the specific radiation balances of the climatic zones.

In the present paper, we are starting from snow thickness data of the Arctic as measured from artificial satellites *(G. J. Kukla* and *H. J. Kukla,* 1974). The changes of the areas of the Northern Hemisphere covered by snow and ice are represented by 12-monthly running averages on *Fig. 1.*

On this figure, the existence is conspicuously shown of a sharp increase in snow cover preceding the year 1972.

Now it may be asked, whether this phenomenon could be in a causal connection with the drought occurring in 1972 in the Sahel region and in India, or there is only a fortuitous coincidence.

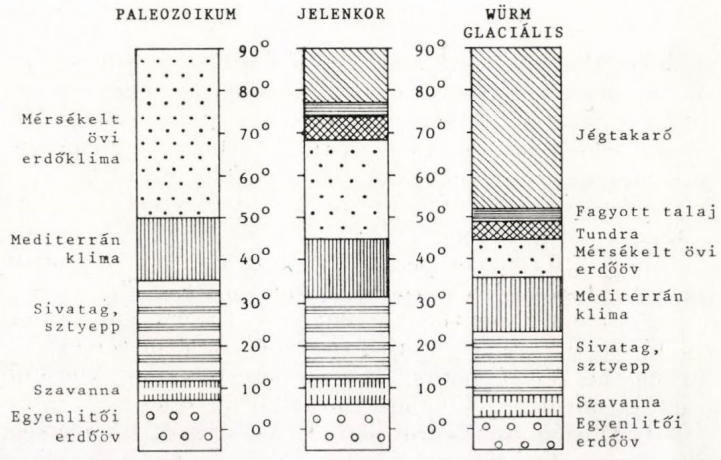


Fig. 2: Climatic zones during the Würm glaciation as compared to the climatic zones in the present and in the Paleozolic period (following *Büdel,* modified by the Autor)

2. ábra: *Éghajlati övek a würm glaciális időszakában összehasonlítva a jelenkori és a paleozoikumi időszak klímaöveivel* (Büdel *nyomán, a szerző által módosítva)*

The drought in 1972 has been caused by the fact that the zone of precipitations, which is following the annual displacement of the Sun, reached not he usual latitude in the Northern Hemisphere, or, in other words, the ITCZ was located more to the south as compared to its usual location. It is well known, that the occasional droughts in India are caused by the same phenomenon, in spite of the presence of the summer monsoon.

Searching for a cryospherical influence in this phenomenon, it is useful to find a terrestrial situation, in which the cryosphere is possessing such an extension, that its climatical influence becomes a more conspicuous one.

The Pleistocene was preceded by the Tertiary, at the end of which a gradual cooling took place. Under this influence, the continents in the vicinity of the pole have been gradually glaciated. The Pleistocene is characterized by repeated progressions and regressions of the ice cover surrounding the Artic pole. On the Southern Hemisphere (as Antarctica is not surrounded by other continents) there was no possibility for periodical extensions and regressions of the ice cover.

Among the four large maximum glaciations the last, i.e. the Würm period, ending about 12 000 to 15 000 years before present, is the one which is the more recent, the most thoroughly investigated and the best known. In the surface forms of our Earth, the marks of this glaciation are the most conspicuous ones.

The locations of the climatical zones are represented by the phytogeographical zones obtained from palaeobonatical investigations *(Fig. 2)*.

In this figure it is seen that under the influence of the progress of Würm glaciation, all the phytogeographical zones were shifted to the south, in a measure which, towards the Equator, became gradually smaller and smaller. ITCZ was situated by several degrees to the south as compared to its present position.

In connection to the shifts of the ITCZ, or, respectively, of the ther ma

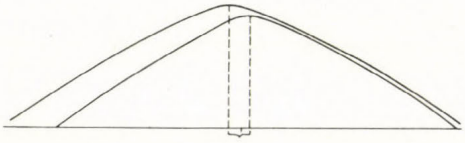


Fig. 3: The different degree of cooling on the Northern and Southern Hemispheres is shifting the thermal equator to the south

3. ábra: *Az északi és a déli félgömb különböző lehűlése a termikus egyenlítőt déli irányba tolja el*

equator, the following mechanism may be assumed: With the progression of the ice sheet, the Northern Hemisphere is strongly cooled. Here, of course, the negative feedback between show-cover and temperature is initiated, a phenomenon which cannot occur in the Southern Hemisphere, as there is no possibility for an extension of the ice cover. The influences of snow cover fluctuation in the Andes are insignificant ones, and the cooling of the Southern Hemisphere is finally not so strong.

The different degrees of cooling on the two hemispheres is causing a southward shift of the thermal equator *(Fig. 3)*.

For elucidating the role played by the cryosphere in the thermal balance of the Earth, we are attempting to reconstruct the terrestrial conditions prevailing during the Würm period. We propose to collect the information that can be used for our goal. They are the following ones:

1. During the Würm period, the area of the ice sheet was $44 \cdot 10^6$ km^2 in asl compared to $15 \cdot 10^6$ km^2 the present, that is, it was three-fold that of the present one. In Europe and in Northern America, the ice sheet extended to the latitude of 40°. The Alps, the Caucase and the Himalayas were covered by ice.

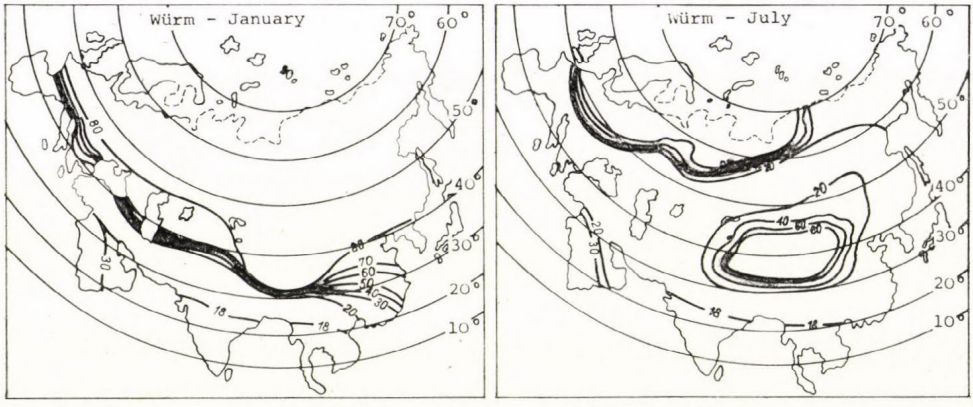


Fig. 4: January and July distributions of albedo of the Earth-Atmosphere system over Eurasia during the Würm period *(Dobosi – Mrs. Járai-Komlódi)*

4. ábra: *A Föld – légkör rendszer januári és júliusi albedoeloszlása Eurázsia területén a würmben* (Dobosi – Járainé – Komlódi)

2. The winter snow cover extended, over the continents of the Northern Hemisphere, far to the south (*Fig. 4*, January). The summer distribution of albedo zones is different one from that prevailing today (*Fig. 4*, July), as a consequence of the shift of nebulosity zones occurring under the influence of the ice sheet. The albedo values presented here are those of the Earth-Atmosphere systems.

3. The maritime ice cover extended by some 2 to 3 degrees more to the south than today.

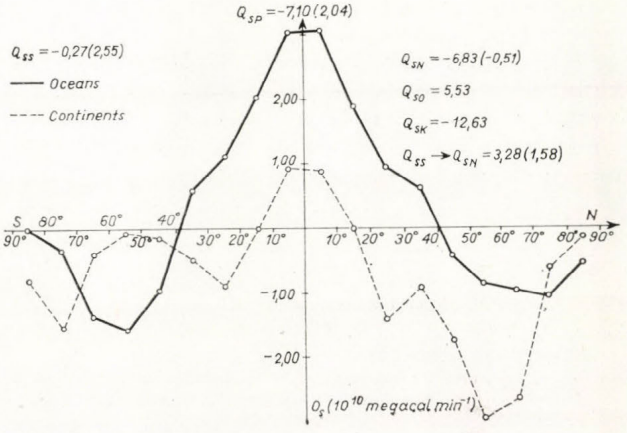


Fig. 5: Radiation balance and energy data of the Earth Model for the Würm period expressed in units 10^{10} megacal min^{-1}; in brackets, the values corresponding to the present Earth

5. ábra: *A würm földmodell sugárzási egyenlege és energia adatai 10^{10} megacal min^{-1} egységekben; a zárójelben a mai Földre vonatkozó adatok szerepelnek*

4. On the Southern Hemisphere, the increase of snow-covered areas was an insignificant one.

The chart of radiation balances of the Earth-Atmosphere system, as constructed from the data obtained from the artificial satellites Nimbus 2 and Nimbus 3 is yielding data on the radiation balances occurring in different climatical zones or, respectively types of climate.

In this way an Earth model can be constructed which can be used for representing the climate of the Würm period. Radiation balance data for the Earth-Atmosphere system as calculated for this model of the Earth are shown on *Fig. 5*.

The annual average of the planetary radiation balance of this Earth model (Q_{Sp}) is equal to -7.10 units, that is, it has a negative value. As its computation was started from the corresponding value for the present Earth, this is a balance related to the present conditions of the Earth. This should be interpreted in the sense that heat loss is by 7.10 units larger than heat intake. That is, the present Earth should be cooled as compared to the present climate, for obtaining a balance between heat loss and heat intake. It may be expected, that the present balance of the Earth could be equal to zero. However, the value in brackets, corresponding to the present Earth, is equal to 2.04 units, that is, it is different from zero; this probably should be attributed to a measurement error or to the circumstance, that the measurement period extended only to one year. Of course, this is rather a low value, only 1.16 per cent of the emitted radiation of the Earth as a planet, which is equal to 176 megacal min^{-1}.

The values contained in *Fig. 5* are yielding further information.

The radiation balance of the Northern Hemispere (Q_{3N}) is equal to -6.82 units, which is representing a rather large negative deviation as compared to that of the Southern Hemisphere of -0.27. The equalizing atmospheric currents and maritime currents are transporting, during the Würm period, 3.28 units of energy from the Southern to the Northern Hemisphere a value which is more than the double of the value of 1.53 units computed for the present Earth (by *Dobosi* and *Géczy*, 1975).

For the Würm period, the radiation balances of the oceans (Q_{SO}) are equal to a large negative value, -12.63 units, which is reflecting the role played by snow- and ice-covered continents in the development of temperature conditions in the Pleistocene.

The data of our Earth model for the Würm period are also quantitatively exhibiting the mechanism of energy transport, by which the cooling of the Northern Hemisphere is extending, across the Equator, to the Southern Hemisphere. The relatively strong cooling of the Northern Hemisphere and the more moderate cooling of the Southern Hemisphere is exhibiting the process of the southern shift of the thermal equator and, consequently, that of the equatorial precipitation zone.

REFERENCES

Kukla, G. J.—Kukla, H. J. (1974): Increased Surface Albedo in the Northern Hemisphere. Science 183, 709—714.

Raschke, E.—Vonder Haar, T. H.—Pasternak, M.—Bandeen, W. R. (1973): The Radiation Balance of the Earth-Athmosphere System from Nimbus 3 Radiation Measurements. NASA TN D-7249. Washington D. C.

Raschke, E.—Vonder Haar, T. H.—Pasternak, M.—Bandeen, W. R. (1973): The Annual Radiation Balance of the Earth-Atmosphere System During 1969—1970 from Nimbus 3 Measurements. Journal of Atmospheric Sciences, *30*. No. 3.

Dobosi, Z.—Járai-Komlódi, M. (1974): Investigations on the Upper-Pleistocene Albedo of Eurasia. Acta Geol. Acad. Sci. Hung. *18*. 1—2., pp. 91—98.

Dobosi Z.—Géczy B. (1975): Műholdas sugárzásmérések paleoklimatológiai és paleontológiai vonatkozásai (Palaeoclimatological and Palaeontological Implications of Radiation Measurements Executed on Artificial Satellites). Transactions of Class X. of the Hungarian Academy of Sciences, *8*., 3—4.

Büdel, J. (1960): Die Klimazonen des Eiszeitalters (Climatic Zones of the Ice Ages). Eiszeitalter und Gegenwart. Öhringen.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 82. évf. 5. szám. 1978. szept.–okt.
Journal of the Meteorological Service, Vol. 92. No 5 September–October 1979 Budapest

Hidrodinamikai módszer a Kárpát-medence időjárásának finomfelbontású előrejelzésére. II.

PRÁGER TAMÁS. *Központi Meteorológiai Intézet, Budapest*

A Hydrodinamical Method for Finely-Resolved Weather Forecasting in the Carpathian Basin. II. This is the second part of the description of a meso-scale forecasting method developed for the Carpathian Basin dealing with the properties of the modified two-step Lax-Wendroff scheme, with its approximation, with the shape of the finite difference equations, wit the energy conserving property of the scheme, and with its correctness in the case of a solution containing a jamp. The characteristics of the introduced third-order pseudo-viscosity are described and it is proved, that its application is not influencing the conservativity of the scheme nor its correctness in the case of a solution containing a jamp.

⁂

Гидродинамический метод мелкомасштабного предсказания погоды в Карпатском бассейне. II. В данной второй части описания метода мезомасштабного предсказания погоды, разработанного для территории Карпатского бассейна, рассматриваются вопросы об особенностях применѣемой измененной двухшаговой схемы Лакса-Вандорфа, аппроксимации этой схемы, виде уравнений с конечными разностями, способности схемы сохранить энергию, а также о ее правильности при разрывном решении. Описываются характеристики введенной псевдо-вязкости третьего порядка и при этом подтверждается, что ее применение не влияет на консервативность и правильность схемы при разрывном решении.

⁂

A Kárpát-medence területére kidolgozott mezoskálájú előrejelzési módszer ismertetésének első részében [1] megadtuk a felhasznált hidro-termodinamikai modell prognosztikai és diagnosztikai egyenletrendszerét és rámutattunk arra, hogy miként valósítható meg a belső konvekciós hullámok kiszűrése a vertikális átrétegzés módszerével. (Erre a dolgozatra a következőkben *első részként* hivatkozunk.)

Jelen cikkben az alkalmazott numerikus megoldási módszer részletes analízisét végezzük el. A divergencia-alakban felírt differenciálegyenlet rendszer megoldására a kétlépéses, prediktor-korrektor típusú, másodrendű közelítést biztosító Lax – Wendroff-féle sémát alkalmazzuk. A rácshálózat felbontásával összemérhető léptékű nyomás- és sebességi ugrások által okozott instabilitások kiszűrésére a mesterséges viszkozitás *Lapidus* által javasolt alakjának bevezetésére került sor. Részletesen foglalkozunk a Lax – Wendroff-séma konzervatív tulajdonságával: ez a megmaradási törvényeknek nemcsak a differenciális alakját, hanem az integrál-alakját is közelíti.

1. *A számítás módszere*

A divergens egyenletrendszer véges különbséges közelítő módszeréül a Lax – Wendroff-séma kétlépéses változatát választottuk. A Lax – Wendroff módszernek számos előnyös tulajdonsága van, ezekre a későbbiek során rámutatunk.

A Lax-Wendroff módszer az összes ismeretlen függvény számításánál másodrendű közelítést tesz lehetővé. Kétlépéses változata prediktor-korrektor módszer, a divergens egyenletrendszerrel meghatározott dinamikus rendszer időbeli viselkedésének közelítésére. A divergens egyenletrendszert tömör, vektorális formában a következőképpen írhatjuk fel:

$$\mathcal{F}_t + \mathcal{A}_x + \mathcal{B}_y + \mathcal{C}_\sigma + \mathcal{D} = 0 \qquad \forall (x, y, \sigma, t) \in \Omega \times (0, T) \tag{1}$$

ahol

$$\mathcal{F} = \begin{bmatrix} \pi \\ m \\ n \\ e - \pi RT \end{bmatrix} \quad \mathcal{A} = \begin{bmatrix} m \\ um + \pi\Phi \\ un \\ ue \end{bmatrix} \quad \mathcal{B} = \begin{bmatrix} n \\ vm \\ vn + \pi\Phi \\ ve \end{bmatrix} \quad \mathcal{C} = \begin{bmatrix} \pi s \\ ms - p_x\Phi \\ ns - p_y\Phi \\ es - p\,\Phi_t \end{bmatrix} \quad \mathcal{D} = \begin{bmatrix} 0 \\ -n \\ m \\ 0 \end{bmatrix}$$

Az (1) egyenletrendszerrel meghatározott autonóm dinamikus rendszert a következőképpen értelmezhetjük: legyenek A, B, C és D azok a (nem-lineáris, folytonos) operátorok, amelyek az integrálható $\mathcal{F}(x, y, \sigma)$ függvényből előállítják az $\mathcal{A}$, $\mathcal{B}$, $\mathcal{C}$ és $\mathcal{D}$ (x, y, σ) függvényeket. Ezen operátorok segítségével a rendszert átírhatjuk a következő alakra:

$$\mathcal{F}_t + A\,(\mathcal{F})_x + B(\mathcal{F})_y + C(\mathcal{F}) + D(\mathcal{F})_\sigma = 0 \qquad \forall\, t \in [0, T) \tag{2}$$

A (2) rendszer (nem-lineáris) autonom dinamikus rendszer az $\mathcal{F}(x, y, \sigma)$ integrálható függvények, terében. Megmutatható, hogy az (1) és (2) rendszer megoldásai azonosak, tehát a két rendszer ekvivalens.

A kétlépéses Lax-Wendroff-séma a (2) dinamikus rendszer Taylor-sorfejtésén alapul, a *prediktor-séma* elsőrendben, míg a *korrektor-séma* másodrendben közelíti azt. Levezetése a szokásos Runge-féle [2] módszerrel történhet:

$$\mathcal{F}(t + \Delta t) = \mathcal{F}(t) + \Delta t \mathcal{F}'(t) + \frac{1}{2}\Delta t^2 \mathcal{F}''(t) + O(\Delta t^3) \qquad \forall t \in (0, T) \tag{3}$$

Írjuk át a hatványsort a következő iteratív formába:

$$\mathcal{F}(t + \Delta t) = \mathcal{F}(t) + \Delta t\ [\mathcal{F}(t) + \frac{1}{2}\Delta t \mathcal{F}'(t)]' + O(\Delta t) \tag{3a}$$

Az iteratív kifejezés előnye, hogy a második derivált képzését felbontja, az első deriváltakat pedig közvetlenül kifejezhetjük a (2) egyenletrendszerből. Így a prediktor-lépcső számítási képlete:

$$\mathcal{F}^*(t + \frac{1}{2}\Delta t) = \mathcal{F}(t) - \frac{1}{2}\Delta t\ [\mathcal{A}_x + \mathcal{B}_y + \mathcal{C}_\sigma + \mathcal{D} +] \quad (t) \tag{4}$$

Ezt az eredményt behelyettesítve a (3a) képletbe megkapjuk a korrektor-lépcső számítási formuláját:

$$\mathcal{F}^* \ (t+\Delta t) = \mathcal{F}(t) + \Delta t \cdot \mathcal{F}^{*\prime} \ (t+12 \ \Delta t) =$$
$$= \mathcal{F} \ (t) - \Delta t \ [\mathcal{A}_x^* + \mathcal{B}_y^* + \mathcal{C}_\sigma^* + \mathcal{D}^*] \ (t+\frac{1}{2} \ \Delta t) \tag{5}$$

A képletekben csillaggal a közelítést jelöltük, az $\mathcal{A}^*$, $\mathcal{B}^*$ $\mathcal{C}^*$ és $\mathcal{D}^*$ jelölések pedig A $(\mathcal{F}^*)$, $B(\mathcal{F})^*$, C $(\mathcal{F}^*)$ és D $(\mathcal{F}^*)$-ot jelentenek. Minthogy a levezetés az (5) képlet utolsó átalakításáig teljesen pontos, a séma másodrendűségének ellenőrzéséhez ezen átalakítás pontosságát kell ellenőrizni; azt, hogy milyen pontosan elégíti ki a prediktor-érték a (2) egyenletrendszert. Feltételezhető, hogy mivel $\mathcal{F}$-nek elsőrendű közelítése, az egyenleteket is elsőrendű pontossággal elégíti ki, ami elégséges feltétele a séma másodrendűségének. Az egyszerűség kedvéért ezt a tényt csak egydimenziós esetben igazoljuk, amikor az (1) egyenletrendszer alakja: $\mathcal{F} = \mathcal{A}_x$. (A bizonyítás többdimenziós esetben teljesen analóg.)

$$\mathcal{F}_t^* = [\mathcal{F} + \frac{1}{2} \ \Delta t \ \mathcal{F}_t]_t = \mathcal{F}_t + \frac{1}{2} \ \Delta t \ \mathcal{F}_{tt} = A \ (\mathcal{F})_x \ + \frac{1}{2} \ \Delta t \ A(\mathcal{F})_{xt} =$$

$$= [A(\mathcal{F}) + \frac{1}{2} \ \Delta t \ A(\mathcal{F})_t]_x = [A(\mathcal{F}) + \frac{1}{2} \ \Delta t \ dA \ (\mathcal{F})\mathcal{F}_t]_x =$$

$$= dA \ (\mathcal{F})_x + \frac{1}{2} \ \Delta t \ [dA(\mathcal{F})\mathcal{F}_{tx} \ + d^2 \ A(\mathcal{F}) \ \mathcal{F}_x \cdot \mathcal{F}_t =$$

$$= [dA(\mathcal{F}) + \frac{1}{2} \ \Delta t \ \ d^2 \ A(\mathcal{F}) \ \mathcal{F}_t]\mathcal{F}_x + \frac{1}{2} \Delta t \ dA \ (\mathcal{F}) \ \mathcal{F}_{tx} =$$

$$= [dA(\mathcal{F} + \frac{1}{2} \ \Delta t \ \mathcal{F}_t) + \ O \ (\Delta t^2)]\mathcal{F}_x +$$

$$+ \frac{1}{2} \ \Delta t \ [d(A\mathcal{F} + \frac{1}{2} \ \Delta t \mathcal{F}_t) \ + \ O \ (\Delta t)] \ \mathcal{F}_{tx} =$$

$$= dA \ (\mathcal{F} + \frac{1}{2} \ \Delta t \mathcal{F}_t) \ (\mathcal{F} + \frac{1}{2} \Delta t \mathcal{F}_t)_x \ + \ O \ (\Delta t^2)$$

$$= [A \ (\mathcal{F} + \frac{1}{2} \ \Delta t \ \mathcal{F}_t)]_x + O \ (\Delta t^2) = A \ (\mathcal{F}_x^*) \ + O \ (\Delta t^2) \tag{6}$$

Az ismertetett bizonyítás csak differenciálható függvény esetén alkalmazható, látni fogjuk azonban, hogy a Lax-Wendroff-módszer akkor is jó közelítést nyújt, ha ez a feltétel nem teljesül, tehát az előrejelzési tartományban front vagy sebességi ugrás lép fel.

Ezek után ismertetjük a véges különbséges egyenletek felépítését a prediktor és a korrektor sémában. A prediktor lépcsőben az előrejelzési egyenlet rendszert egyszerűbb, nem-divergens alakjában oldjuk meg, és a durvább (elsőrendű) közelítés miatt a légköri állapothatározók σ függésének modellezésére bevezetett finomításokat sem használjuk (a hidrosztatikai egyenlet integrálását kivéve). Az összes térkoordináta irányában a másodrendű közelítést biztosító centrált különbségképző és átlagoló operátorokat alkalmazzuk. A prediktor-lépcső véges különbséges egyenletei:

$$\Pi^{n+1/2}_{i+1/2,j+1/2}\overline{\Pi}^{n}_{i+1/2,j+1/2}-1/2\Delta t\sum_{k=1}^{N-1}[(m_x)^{n}_{i+1/2,j+1/2,k+1/2}+(n_y)^{n}_{i+1/2,j+1/2,k+1/2}]\Delta\sigma \tag{7}$$

$$\left.\begin{aligned} u^{n+1/2}_{i+1/2,j+1/2,k+1/2}=\overline{u}_{i+1/2,j+1/2,k+1/2}-1/2\Delta t[\overline{u^{n}_{i+1/2,j+1/2,k+1/2}}(\overline{u_x})^{n}_{i+1/2,j+1/2,+1/2}+\\ +\overline{v^{n}_{i+1/2,j+1/2,k+1,2}}\cdot(u_y)^{n}_{i+1/2,j+1/2,k+1/2}+1/2(S^{n}_{i+1/2,j+1/2,k}+S^{n}_{i+1/2,j+1/2,k+1})(u_\sigma)^{n}_{i+1/2,j+}\\ +1/2,k+1/2-f_{i+1/2\,j+1/2,}\cdot\overline{v^{n}_{i+1/2,j+1/2,k+1/2}}+(\Phi_x)^{n}_{i+1/2,j+1/2\,k}+C_p\Theta^{n}_{i+1/2,j+1/2,k+1/2}+\\ +(P_x)^{n}_{i+1/2,j+1/2,k+1/2}] \end{aligned}\right\} \tag{8}$$

$$\left.\begin{aligned} v^{n+1/2}_{i+1/2,j+1/2,k+1/2}=\overline{v}_{i+1/2,j+1/2,k+1/2}-1/2\Delta t[\overline{u^{n}_{i+1/2,j+1/2,k+1/2}}(v_x)^{n}_{i+1/2,j+1/2,k+1/2}+\\ +\overline{v^{n}_{i+1/2,j+1/2,k+1/2}}\cdot(v_y)^{n}_{i+1/2,j+1/2,k+1/2}+1/2\,(S^{n}_{i+1/2,j+1/2,k}+\\ +S^{n}_{i+1/2,j+1\,2,k+1})(v_\sigma)^{n}_{i+1/2,j+1/2,k+1/2}+f_{i+1/2,j+1/2}\\ \cdot\overline{u}^{n}_{i+1/2,+j\,1/2,k+1/2}+(\Phi_y)^{n}_{i+1/2,j+1/2,k+1/2}+C_p\overline{\Theta}^{n}_{i+1/2,j+1/2}(P_y)^{n}_{i+1/2,j+1/2,k+1/2}] \end{aligned}\right\} \tag{9}$$

$$\left.\begin{aligned} \overline{\Theta}^{n+1/2}_{i+1/2,j+1/2,k+1/2}=\overline{\Theta}^{n}_{i+1/2,j+1/2,k+1/2}-1/2\,\Delta t\,[\overline{u}_{i+1/2,j+1/2,k+1/2}(\Theta_x)^{n}_{i+1/2,j+1/2,k+1/2}+\\ +\overline{v}^{n}_{i+1/2,j+1/2,k+1/2}\cdot\\ \cdot(\Theta_y)^{n}_{i+1/2.j+1/2,k+1/2}+1/2\,(S^{n}_{i+1/2,j+1/2,k}+S^{n}_{i+1/2,j+1/2,k+1})(\Theta_\sigma)^{n}_{i+1/2,j+1/2,k+1/2} \end{aligned}\right\} \tag{10}$$

$$\left.\begin{aligned} \overline{\Pi}^{n}_{i+1/2,j+1/2}S^{n}_{i+1/2,\,j+1/2,\,k}=\sigma_k\sum_{l=1}^{k-1}(m_x)_{i+1/2,l+1/2}+(n_y)^{n}_{i+1/2,j+1/2,l+1/2}]\Delta\sigma-\\ -(1-\sigma_k)\sum_{j=k}^{N-1}[(m_x)^{n}_{i+1/2,j+1/2,l+1/2}+(n_y)^{n}_{i+1/2,+j+1/2,l+1/2}]\Delta\sigma \end{aligned}\right\} \tag{11}$$

$$\Phi^{n+1/2}_{i+1/2,j+1/2,k+1}=\Phi_{i+1/2,j+1/2,k}+[\int_{p_{k+1}}^{p_k}R\Theta p^{-1/K}\,dp]_{i+1/2,j+1/2} \tag{12}$$

A geopotenciál számításnál az integrál értékét az első rész (21*a*) képlete alapján számítjuk. A bevezetett jelölések a következők:

$$f_{i+½\,j+½\,k+½}=\frac{1}{8}[f_{ijk}+f_{ijk+1}+f_{ij+1k}+f_{ij+1k+1}+f_{i+1jk+1}+f_{i+1j+1k}+f_{i+1j+1k+1}],$$

$$(f_x)_{1+½\,j+½\,k+½}=\frac{1}{4\,\Delta x}\Big[(f_{i+1jk}+f_{i+1jk+1}+f_{i+1j+1k}+f_{i+1j+1k+1})-$$

$$-(f_{ijk}+f_{ijk+1}+f_{ij+1k}+f_{ij+1k+1})\Big],\ \text{stb}\ldots$$

ahol:

$$f^{n}_{ijk}=f[i\Delta x, j\Delta y, k\Delta\sigma, n\Delta t]$$

A korrektor-lépcsőben a divergens egyenletrendszert oldjuk meg. A függőlegesben az állapothatározók profiljait az *első részben* ismertetett módon tört-

lineáris, illetve ebből származtatott szakaszonként analitikus függvényekkel közelítjük. A profilok jellemzőiként a rácscellán belüli függőleges integrálokat vezetjük be. Ezekre vonatkozik az *1. rész* (14)–(16) előrejelzési egyenletrendszere. Ezen egyenletrendszer teljesen véges különbséges alakját úgy kapjuk, ha benne az x és y irányú deriváltakat az előbb látott centrált véges különbségekkel helyettesítjük. Az integrálokból a rácspontbeli értékek visszanyerése a sebességek esetén egyszerű, a hőmérséklet esetén bonyolultabb integrálegyenlet megoldását igényli, szintén az ott látható módszerrel. Említést kell még tenni a határfeltételként a Földfelszínen, és az izentropikus rétegben megoldott kvázihorizontális előrejelzési egyenletek véges különbséges közelítéséről: ez is az ismertetett centrált véges különbségekkel és átlagokkal történik.

2. *A mesterséges viszkozitás*

Mint említettük, módszerünk nem szűrheti ki az inerciális-gravitációs és az orográfiai kényszerhullámzásokat, sőt fő feladata ezek helyes modellezése, mivel a nagyobb skálájú mozgásokra ráépülve éppen ezek a mozgásformák teremtik meg az időjárás „finom" képét. Ezzel kapcsolatosan merül fel az igény, hogy módszerünknek diszkontinuitások, szakadási felületek leírására is alkalmasnak kell lennie. De milyen szakadási felületek jöhetnek számításba? A ciklonok időjárási frontjai nem okoznak gondot, a modellben használt $\Delta s \approx 50$ km felbontású rácshálózaton az állapotváltozók gyors változásának zónáiként jelentkeznek. Ugyancsak nem okoz gondot a tropopauza és a hasonló kontakt szakadási felületek, mivel ott, ha a függvények nem is differenciálhatók, de jobb és baloldali deriváltjuk korlátos marad. Az orográfiai akadályok körülfolyásánál fellépő nyomás- és sebességi ugrások azonban más természetűek: méretük összemérhető vagy kisebb a rács felbontásánál, ezért az állapothatározók szakadásaként, a deriváltak szingularitásaként jeletkeznek. A szakadáson a deriváltak közelítésén alapuló véges különbséges módszerek csődöt mondanak: instabillá válnak.

Először *Neumann* és *Richtmeyer* vetette fel, hogy mesterségesen megnövelve az áramló közeg viszkozitását, az ugrások „széthúzhatók" gyors változású zónákká, amivel az instabilitás megszüntethető. Az ötlet nyomán sokféle mesterséges viszkozitási tag került kipróbálásra. Jelen modellben a viszkozitási tagoknak *Lapidus* [3] által javasolt alakját használjuk, amely bizonyos, a későbbiekben tárgyalandó előnyös tulajdonsággal rendelkezik.

Az általunk bevezethető viszkozitási tagok a következő diffúziós egyenletrendszerből származnak:

$$m_t = C_1(|u_x \mid m_x)_x + C_2(\mid v_y \mid m_y)_y + C_3(|s_\sigma \mid m_\sigma)_\sigma \tag{13}$$

$$n_t = C_1(\mid u_x \mid n_x)_x + C_2(\mid v_y \mid n_y \mid)_y + C_3(\mid s_\sigma \mid n_\sigma)_\sigma \tag{14}$$

$$e_t = C_1(\mid u_x \mid e_x)_x + C_2(\mid v_y \mid e_y)_y + C_3(\mid s_\sigma \mid e_\sigma)_\sigma \tag{15}$$

$$\pi_t = C_1(\int_0^1 \mid u_x \mid d\sigma \cdot \pi_x)_x + C_2(\int_0^1 \mid v_y \mid d\sigma \pi_y)_y \tag{16}$$

Tegyük fel, hogy a fenti egyenletek által meghatározott diffúziós folyamat megy végbe az előrejelzési tartományban a meteorológiai alapfolyamat mellett. Különítsük el a két hatást és a diffúziós egyenleteket oldjuk meg irányváltoz-

tató módszerrel. Ezzel meg is adtuk a bevezetendő viszkozitási tagok alakját, amelyet a rövidség kedvéért csak m esetén írunk ki:

$$m_{(1)}^{\Delta t} = m^0 - \Delta t\,[(um + \pi\Phi)_x + (vm)_y + (sm - p_x\Phi)_\sigma - fn]^{\frac{1}{2}\Delta t} \tag{17a}$$

$$m_{(2)}^{\Delta t} = m_{(1)}^{\Delta t} + C_1\Delta t\,[\,(\mid u_x \mid m_x)_x\,]_{(1)}^{\Delta t} \tag{17b}$$

$$m_{(3)}^{\Delta t} = m_{(2)}^{\Delta t} + C_2\Delta t\,[\,(\mid v_y \mid m_y)_y\,]_{(2)}^{\Delta t} \tag{17c}$$

$$m_{(4)}^{\Delta t} = m_{(3)}^{\Delta t} + C_3\Delta t\,[\,(\mid s_\sigma \mid m_\sigma \mid_\sigma\,]_{(3)}^{\Delta t} \tag{17d}$$

A (17a)–(17d) egyenletekből nyilvánvaló a súrlódási tagok bevezetésének, az előrejelzendő függvények *simításának* logikai sorrendje: először az összes állapothatározót x-irányban simítjuk, majd az új értékeket felhasználva simítunk y, végül pedig σ-irányban.

Nyilvánvaló, hogy a bevezetett mesterséges viszkozitás csak akkor nem torzítja el a légköri folyamatok modellbeli képét, ha nem zavarja meg a Lax–Wendroff-séma másodrendű közelítését. Ezt például úgy érhetjük el, ha a C_1, C_2, C_3 együtthatókat a következő feltétel alapján választjuk meg: $C_1, C_2, C_3 = O\,(\Delta^2)$, ahol $\Delta = max\,(\Delta x, \Delta y, \Delta\sigma)$. Ekkor a bevezetett diffúziós folyamat harmadrendben kicsiny a meteorológiai alapfolyamatokhoz képest és így nyilvánvalóan csak a Lax–Wendroff-séma hibatagjára van hatással.

Mivel divergens előrejelzési egyenleteinket átalakítottuk a vertikális profilok finomított közelítésének megfelelően, a (17b), (17d) egyenletekben szereplő viszkozitási tagokat is adekvát módon át kell alakítani. Ez az átalakítás viszonylag egyszerű a két impulzus-egyenletnél, azonban lényegesen bonyolultabb az energia-egyenlet esetén. Úgy véljük, hogy itt sem a viszkozitási tagok alakjának optimális megválasztását, sem az említett átalakítás optimális megvalósítását nem értük még el. Ezért az ismertetett átalakítási módszer az energia-egyenlet esetén nem tekinthető véglegesnek.

Induljunk ki az átalakított előrejelzési egyenletek által szolgáltatott értékekből, azaz π és az M, N és E^* impulzus- és energiaintegrálok (pontosabban: integrálközepek) értékeiből a Δt időpontban. A rétegvastagság és az impulzus-komponensek x és y-irányú viszkozitási tagjait egyszerűen kifejezhetjük ezen értékek segítségével:

$$\frac{1}{\Delta\sigma}\int_{\sigma_{k+1}}^{\sigma_k} [\,(m_x^{(1)} \mid u_x^{(1)} \mid)_x\,d\sigma \approx_x^{(1)} [(m_x^{(1)} \mid u_x^{(1)} \mid)_x\,]_{k+1/2} = [(M_k^{(1)})_x \mid (M_k^{(1)}/\pi^{(1)})_x \mid\,]_x \tag{18a}$$

$$\frac{1}{\Delta\sigma}\int_{\sigma_{k+1}}^{\sigma_k} (m_y^{(2)} \mid v_y^{(2)} \mid)_y\,d\sigma \approx [(m_y^{(2)} \mid v_y^{(2)} \mid)_y\,]_{k+1/2} = [(M_k^{(2)})_y \mid (N_k^{(2)}/\pi^{(2)})_y \mid\,]_y \tag{18b}$$

$$(\pi_x^{(1)}\int_0^1 \mid u_x^{(1)} \mid d\sigma)_x \approx (\pi_x^{(1)} \sum_{k=1}^{N-1} \mid u_x^{(1)} \mid_{k+1/2} \Delta\sigma)_x = (\pi_x^{(1)} \cdot \sum_{k=1}^{N-1} \mid (M_k^{(1)}/\pi^{(1)})_x \mid \Delta\sigma)_x \tag{18c}$$

$$(\pi_y^{(2)} \cdot \int_0^1 \mid v_y^{(2)} \mid d\sigma)_y \approx (\pi_y^{(2)} \cdot \sum_{k=1}^{N-1} \mid v_y^{(2)} \mid_{k+1/2} \Delta\sigma)_y = (\pi_y^{(2)} \cdot \sum_{k=1}^{N-1} \mid (N_k^{(2)}/\pi^{(2)})_y \mid \Delta\sigma)_y \tag{18d}$$

Valamivel nehezebb feladat az impulzus-komponensek σ-irányú simítását szolgáltató kifejezések kiszámítása:

$$\frac{1}{\Delta\sigma}\int_{\sigma_{k+1}}^{\sigma_k} (m_\sigma^{(3)} \mid s_\sigma^{(3)} \mid)_\sigma \, d\sigma = (m_\sigma^{(3)} \mid s_\sigma^{(3)} \mid)_k - (m_\sigma^{(3)} \mid s_\sigma^{(3)} \mid)_{k+1} \tag{19}$$

Az impulzus cellán belüli lineáris profiljának megfelelően:

$$(m_\sigma)_{k+1/2}^{(3)} = (m_k^{(3)} - m_{k+1}^{(3)})/\Delta\sigma \tag{20}$$

Ugyanakkor:

$$(s_\sigma)_{k+1/2}^{(3)} = \sum_{j=1}^{N-1} (m_x + n_y)_{j+1/2}^{(3)} \Delta\sigma - (m_x + n_y)_{k+1/2}^{(3)} =$$
$$= \sum_{j=1}^{N-1} [(M_j^{(3)})_x + (N_j^{(3)})_y] \Delta\sigma - [(M_k^{(3)}) + (N_k^{(3)})_y] \tag{21}$$

Mivel az $m_\sigma \mid s_\sigma \mid$ szorzat már kicsiny mennyiség, feltehető, hogy a cellák belsejében állandó, és így a (19) formula jobboldalán álló különbséget a következőképpen számíthatjuk:

$$(m_\sigma^{(3)} \mid s_\sigma^{(3)} \mid)_k - (m_\sigma^{(3)} \mid s_\sigma^{(3)} \mid)_{k+1} = \mid s_\sigma \mid_{k-1/2} (m_{k-1}^{(3)} - m_k^{(3)})/\Delta\sigma -$$
$$- \mid s_\sigma \mid_{k+3/2}^{(3)} (m_{k+1}^{(3)} - m_{k+2}^{(3)})/\Delta\sigma \tag{22}$$

Az itt szereplő impulzus-különbségeket ugyancsak kifejezhetjük az impulzus-integrálok értékeivel, a következőképpen:

$$m_k^{(3)} = 2M_{k-1}^{(3)} - 2M_{k-2}^{(3)} + \ldots + (-1)^{k-2} 2M_1^{(3)} + (-1)^{k-1} m_1^{(3)}$$
$$m_k^{(3)} - m_{k+1}^{(3)} = -2M_k^{(3)} + 4M_{k-1}^{(3)} - \ldots + (-1)^k 4 M_1^{(3)} + (-1)^{k+1} 2m_1^{(3)} \tag{23}$$

Figyelembevéve s_σ kifejezését az impulzus-integrálokkal, a (18) képletben szereplő viszkozitási tagot teljes egészében átalakítottuk a prognosztikai egyenletnek megfelelő formára.

Áttérünk az energia simítását szolgáltató viszkozitási tagok kiszámítására. Az ismertetendő módszer kísérletet tesz az energia egyes komponenseinek külön-külön való simítására, figyelembevéve az impulzus simítását és a hőenergia simításának hatását a potenciális energiára.

A kinetikus energiát nem simítjuk, hanem simított értékét az impulzus simított értékeiből számítjuk ki:

$$K_k^{(4)} = 1/4(m_k^2 + m_{k+1}^2 + n_k^2 + n_{k+1}^2)^{(4)}/\pi^{(4)} \tag{24}$$

Az impulzus-komponensek rácsponti értékeinek négyzetösszegét könnyen ki tudjuk fejezni az integrált impulzus-értékekkel összegük és különbségük (23) kifejezése alapján:

$$m^{(4)2}_k + m^{(4)2}_{k+1} = 1/2\,(m_k^{(4)} + m_{k+1}^{(4)})^2 + 1/2\,(m_k^{(4)} - m_{k+1}^{(4)})^2 =$$
$$= 2\,M^{(4)2}_k + 2\,[M_k^{(4)} - 2\,M^{(4)}_{k-1} \ldots + (-1)^{k-1} 2M_1^{(4)} + (-1)^k m_1^{(4)}]^2 \tag{25}$$

A termikus energiaösszetevő simítását x és y-irányban az impulzuséhoz hasonlóan végezzük:

$$q = \pi C_p \, \Theta p^{k-1/k}$$

$$\frac{1}{\Delta\sigma}\int_{\sigma_{k+1}}^{\sigma_k} (q_x^{(1)} \mid u_x^{(1)} \mid)_x d\sigma = [(q_x^{(1)} \mid u_x^{(1)} \mid)_x]_{k+1/2} = [(\Theta_k^{(1)})_x \mid (M_k^{(1)}/\pi_k^{(1)})_x]_x \qquad (26a)$$

$$\frac{1}{\Delta\sigma}\int_{\sigma_{k+1}} (q_y^{(2)} \mid v_y^{(2)} \mid)_y d\sigma = [(q_y^{(2)} \mid v_y^{(2)} \mid)]^{k+1/2} = [(\Theta_k^{(2)})_y \mid (N_{(2)}/\pi_{(2)})_y]_y \qquad (26b)$$

A termodinamikai energia σ-irányú simítását cellán belüli hatványkitevős profiljának figyelembevételével végezzük. Az impulzussal azonos módon:

$$\frac{1}{\Delta\sigma}\int_{\sigma_{k+1}}^{\sigma_k} (q_\sigma^{(3)} \mid s_\sigma^{(3)} \mid d\sigma = (q_\sigma \mid s_\sigma \mid)_k^{(3)} - (q_\sigma \mid s_\varrho \mid)_{k+1}^{(3)} \qquad (27)$$

A termodinamikai energia kifejezéséből $\pi^{-2} q_\sigma = (C_p \Theta \, p^{k-1 \; k})_p$ és ha behelyettesítjük Θ lineáris profilját:

$$\pi^{-2} q_\sigma = \left[C_p \frac{\Theta_k - \Theta_{k+1}}{p_k - p_{k+1}} p + R \frac{\Theta_k (p - p_{k+1}) + \Theta_{k+1} (p_k - p)}{p_k - p_{k+1}} \right] p^{-1/k} \qquad (28)$$

A fenti derivált értékeire a cellák határfelületén van szükségünk, ahol a potenciális hőmérsékleti profil törése miatt a termikus energia éppen nem differenciálható. Minthogy a jobb és baloldali deriváltak léteznek és jól jellemzik a határfelülettel szomszédos cellákon belüli profilokat, itteni q_σ értéknek ezek számtani közepét: $1/2 \; [q_\sigma^+ + q_\sigma^-]$-t vesszük. Ugyanakkor az s_σ értékek kicsinysége miatt ezen mennyiség határfelületi értékét is közelíthetjük a cellaközépponti értékek számtani közepével. Ezek figyelembevételével a viszkozitási tag számítására a következő munkaformulát kapjuk:

$$\frac{1}{\Delta\sigma}\int_{\sigma_{k+1}}^{\sigma_k} (q_\sigma^{(3)} \mid s_\sigma^{(3)} \mid)_\sigma d_\sigma =$$

$$= 4\pi^{2(3)} [(\mid s_\sigma \mid_{k-1/2}^{(3)} + \mid s_\sigma \mid_{k+1}^{(3)}) \left(c_p \frac{\Theta_{k-1}^{(3)} - \Theta_{1/k}^{(3)}}{\Delta p^{(3)}} p_k^{(3)k-1 \; k} + 2 \, R \, \Theta_k^{(3)} p_k^{(3)-1/k} \right) - \qquad (29)$$

$$- (\mid s_\sigma \mid_{k1/2}^{(3)} + \mid s_\sigma \mid_{k \; 3/2}^{(3)}) \left(c_p \frac{\Theta_k^{(3)} + \Theta_{k \; 2}^{(3)}}{\Delta p^{(3)}} p_{k+1}^{(3)k-1/k} + 2 \, R \, \Theta_{k+1}^{(3)} \, p_{k+1}^{(3)-1/k} \right)]$$

A formulában s_σ számítására a (21) képletet használjuk.

Végül a termodinamikai energia simítása után a simított potenciális hőmérséklet-értékekből kiszámítjuk a geopotenciál és a potenciális energia simított értékeit.

3. *A számítási módszer konzervativitása és korrektsége szakadásos megoldás esetén*

Ebben a részben részletesen foglalkozunk a Lax – Wendroff-séma és a bevezetett mesterséges viszkozitás előnyös tulajdonságaival, amely kiválasztásukat indokolja. A divergens egyenleteket szokás a megmaradási törvények differenciális alakjának is nevezni. A megmaradási törvények integrál-alakját, az „igazi" megmaradási törvényeket ezekből úgy kaphatjuk meg, ha az $\Omega \times (0, T) = \mathrm{Q}$ tartomány valamely korlátos, zárt $F \subset \mathrm{Q}$ részén integráljuk őket:

$$I = \int_{\mathrm{F}} (\mathcal{F}_t + \mathcal{A}_x + \mathcal{B}_y + \mathcal{C}_\sigma)\, dx\, dy\, d\sigma\, dt = 0 \tag{30}$$

és alkalmazzuk a Gauss – Osztrogradszkij tétel átalakítását:

$$I = \oint_{\mathrm{S}} (\mathcal{F} \cos \alpha_t + \mathcal{A} \cos \alpha_x + \mathcal{B} \cos \alpha_y + \mathcal{C} \cos \alpha_\sigma)\, dS = 0 \tag{31}$$

Itt S az F korlátos, zárt tartomány zárt határfelülete, α_t, α_x, α_y, α_σ pedig a határfelület normálisa és a koordinátatengelyek által bezárt szögek. Ez a megmaradási törvények legáltalánosabb integrál-alakja, s azt fejezi ki, hogy bármely $S \subset R^4$ zárt felületen keresztül „hatás nem áramlik át".

Ha az F kompakt tartományt legegyszerűbben négydimenziós intervallumnak választjuk: $F = \{0 \leqq \times \leqq L,\ 0 \leqq y \leqq M,\ 0 \leqq \sigma \leqq 1{,}0 \leqq t \leqq T\}$ akkor a következő egyszerű integrál-alakot kapjuk:

$$I = \int_{\mathrm{x}} \int_{\mathrm{y}} \int_{\sigma} \mathcal{F} \Big|_0^{\mathrm{T}} dx\, dy\, d\sigma + \int_{\mathrm{y}} \int_{\sigma} \int_{t} \mathcal{A} \Big|_0^{\mathrm{L}} dy\, d\sigma\, dt +$$

$$+ \int_{\mathrm{x}} \int_{\sigma} \int_{t} \mathcal{B} \Big|_0^{\mathrm{M}} dx\, d\sigma\, dt + \int_{\mathrm{x}} \int_{\mathrm{y}} \int_{t} \mathcal{C} \Big|_0^{1} dx\, dy\, dt = 0 \tag{32}$$

Ez a megmaradási törvények ismert alakja, amely azt fejezi ki, hogy a tömeg, az impulzus és az energia megváltozása az F halmaz térkoordináták szerinti vetületében, a $K = \{0 \leqq \times \leqq L,\ 0 \leqq y \leqq M,\ 0 \leqq \sigma \leqq 1\}$ téglatestben, egyenlő az ezen mennyiségek határolólapokon keresztüli ki és beáramlásának különbségével.

Ezek után rátérünk számítási módszerünk előnyös tulajdonságainak ismertetésére.

1. *Állítás*

A Lax – Wendroff-módszer véges különbséges egyenletei kielégítik a (32) megmaradási törvény véges különbséges megfelelőjét. Ez a véges különbséges összefüggés $\Delta = \max(\Delta x, \Delta y, \Delta\sigma, \Delta t) \to 0$, $\dfrac{\Delta t}{\Delta x}, \dfrac{\Delta t}{\Delta y}, \dfrac{\Delta t}{\Delta \sigma}, \leqq \mathrm{K} < +\infty$ esetén tart a (32) integrálhoz. Az állítás érvényes az ismertetett mesterséges viszkozitás bevezetésével simított egyenletekre is.

Az állítás bizonyításához a véges különbséges egyenleteket összegeznünk kell a K téglatest belsejébe eső rácspontokra.

Tegyük fel, hogy a téglatest határai x és y-irányban a kisegítő rácssíkokra esnek, mégpedig x-irányban a $-(L+\frac{1}{2})$; $L+\frac{1}{2}$ indexűekre, míg y-irányban a $-(M+\frac{1}{2})$; $M+\frac{1}{2}$ indexűekre. A σ-koordináta irányban tételezzünk fel N db rácssíkot. A tömeg, az impulzus és az energia megőrzését egy időlépcsőben vizsgáljuk. A kontinuitási egyenletre:

$$\sum_{i=-L}^{L}\sum_{j=-M}^{M}\frac{\pi_{ij}^{n+1}-\pi_{ij}^{n}}{\Delta t}+\sum_{i=-L}^{L}\sum_{j=-M}^{M}\sum_{k=1}^{N-1}\frac{m_{i+1/2\,j\,k+1/2}^{n+1/2}-m_{i-1/2jk+1/2}^{n+1/2}}{\Delta x}\Delta\sigma+$$

$$+\sum_{i=-L}^{L}\sum_{j=-M}^{M}\sum_{k=1}^{N-1}\frac{n_{ij+1/2k+1\,2}^{n+1/2}-n_{ij-1/2k+1\,2}^{n+1/2}}{\Delta y}\Delta\sigma=0 \tag{33}$$

A második többszörös összegben az i-szerinti, a harmadik összegben pedig a j-szerinti összegzéskor a különbségek kiejtik egymást, így végeredményül ezt kapjuk:

$$\sum_{i=-L}^{L}\sum_{j=-M}^{M}\frac{\pi_{ij}^{n+1}-\pi_{ij}^{n}}{\Delta t}+\sum_{j=-M}^{M}\sum_{k=1}^{N-1}\frac{m_{L+1/2jk+1/2}^{n+1/2}-m_{-L-1/2jk+1/2}^{n+1/2}}{\Delta x}\Delta\sigma+$$

$$+\sum_{i=-L}^{L}\sum_{k=1}^{N-1}\frac{n_{M+1/2k+1/2}^{n+1/2}-n_{i-M-1/2k+1/2}^{n+1/2}}{\Delta y}\Delta\sigma=0 \tag{34}$$

ami láthatóan a (32) formula első komponensének véges különbséges megfelelője.

Megemlítjük, hogy eddig csak a korrektor-séma szerinti véges különbséges egyenleteket használtuk fel, a prediktor séma alakjának a későbbiekben lesz szerepe. Hasonlóképpen kapjuk a megőrzési formulákat a többi egyenlet esetén is. Az egyenletek vertikális irányban történt átalakítása nem befolyásolja az egyenletek konzervatív tulajdonságát, sőt megkönnyíti annak ellenőrzését. A σ-koordináta szerint ugyanis analitikusan integrálunk közelítő összeg vétele helyett, és így a Newton – Leibniz formula alkalmazásával triviálisan az alábbi eredményt kapjuk:

$$\sum_{=-L}^{L}\sum_{j=-M}^{M}\sum_{k=1}^{N-1}\frac{M_{ijk}^{n+1}-M_{ijk}^{n}}{\Delta t}+\sum_{j=-M}^{M}\sum_{k=1}^{N-1}\frac{(um+\pi\Phi)_{L+1/2jk+1\,2}^{n+1/2}-(um+\pi\Phi)_{-L+1/2jk+1\,2}^{n+1/2}}{\Delta x}+$$

$$+\sum_{i=-L}^{L}\sum_{k=1}^{N-1}\frac{(vm)_{i,\,M+1/2,\,k+1/2}^{n+1/2}-(vm)_{i-M-1/2,\,k+1/2}^{n+1/2}}{\Delta y}+ \tag{35}$$

$$+\sum_{i=-L}^{L}\sum_{j=-M}^{M}\frac{(sm-p_x\Phi)_{ijN}^{n+1/2}-(sm-p_x\Phi)_{ij1}^{n+1/2}}{\Delta\sigma}=0$$

$$\sum_{i=-L}^{L}\sum_{j=-M}^{M}\sum_{k=1}^{N-1}\frac{N_{ijk}^{n+1}-N_{ijk}^{n}}{\Delta t}+\sum_{j=-M}^{M}\sum_{k=1}^{N-1}\frac{(un)_{L+1/2,\,j,\,k+1/2}^{n+1/2}-(un)_{-L-1/2jk+1/2}^{n+1/2}}{\Delta x}+$$

$$+\sum_{i=-L}^{L}\sum_{k=1}^{N-1}\frac{(vn+\pi\Phi)_{i,\,M+1/2,\,k+1/2}^{n+1/2}-(vn+\pi\Phi)_{i-M-1/2\,k+1/2}^{n+1/2}}{\Delta y}+ \tag{36}$$

$$+\sum_{i=-L}^{L}\sum_{j=-M}^{M}\frac{(sn-p_y\Phi)_{ijn}^{n+1/2}-(sn-p_y\Phi)_{ij1}^{n+1/2}}{\Delta\sigma}=0$$

$$\sum_{=-L}^{L}\sum_{j=-M}^{M}\sum_{k=1}^{N-1}\frac{E_{ijk}^{*n+1}-E_{ijk}^{n}}{\Delta t}-\sum_{i=-L}^{L}\sum_{j=-M}^{M}\left[p_{ijN}^{n+1/2}\frac{\Phi_{ijN}^{n+1}-\Phi_{ijN}^{n}}{\Delta t}-p_{ij1}^{n+1/2}\frac{\Phi_{ij1}^{n+1}-\Phi_{ij1}^{n}}{\Delta t}\right]+$$

$$+\sum_{j=-M}^{M}\sum_{k=1}^{N-1}\frac{(\mu e)^{n+1/2}_{i+1/2j k+1/2}-(ue)^{n+1/2}_{-L-1/2j,\,k+1/2}}{\Delta x}+ \tag{37}$$

$$+\sum_{i=-L}^{L}\sum_{k=1}^{N-1}\frac{(ve)^{n+1/2}_{i,\,M+1/2,\,k+1/2}-(ve)^{n+1/2}_{i-M-1/2k+1/2}}{\Delta y}+\sum_{i=-L}^{L}\sum_{j=-M}^{M}\frac{(se)^{n+1/2}_{ijn}-(se)^{n+1/2}_{ij1}}{\Delta\sigma}=0$$

Be kell még látni, hogy a kapott összefüggések $\Delta \to 0$ esetén a (32) integrálösszefüggés egyes komponenseihez tartanak, azaz, hogy a Lax – Wendroff-séma egyenletei a megmaradási törvényeknek nemcsak véges különbséges analógját, hanem közelítését elégítik ki. Ez triviális volna, ha a (34) – (37) egyenletekben minden $(n+\frac{1}{2})\Delta t$ időpontbeli érték helyett (tehát a prediktor-sémával kapott közelítő értékek helyett) $n\,\Delta t$ időpontbeli érték állna. Ekkor ugyanis a fenti összefüggések éppen a (32) formula komponenseinek Riemann-összegei volnának.

Igazoljuk, hogy $\Delta \to 0$ esetén az egyenletekben szereplő összes $(n+\frac{1}{2})\Delta t$ időpontbeli érték tart az ugyanazon függvények $n\,\Delta t$ időpontbeli értékéhez. Ez az előbbiek szerint elégséges ahhoz, hogy a (34) – (37) egyenletek a (32) egyenlethez közelítsenek.

Az $(n+\frac{1}{2})\,\Delta t$ időpontbeli értékeket fejezzük ki az $n\,\Delta t$ időpontbeli függvényértékekkel, figyelembevéve a prediktor-egyenleteket és az átlagolást. A kapott kifejezések rendelkeznek a következő két tulajdonsággal:

1. szimmetrikusak az adott helyre nézve, azaz bennük x, y, σ irányban szimmetrikusan elhelyezkedő pontokbeli függvényértékek szimmetrikus együtthatókkal szerepelnek. *2.* visszaadják az eredeti függvényt, azaz egyetlen pontban vett függvényértékekből összeállítva őket, a megfelelő függvény $n\,\Delta t$ időpontbeli értékét szolgáltatják.

Ez a két feltétel – melyeknek ellenőrzése triviális-elégséges ahhoz, hogy: stabilitás esetén $\left(\frac{\Delta t}{\Delta x},\ \frac{\Delta t}{\Delta y},\ \frac{\Delta t}{\Delta\sigma}\leqq \mathrm{K}\right)$ $\lim_{\Delta\to 0} f^{n+1/2}_{i\,j\,k}=f^{n}_{i\,j\,k}$ álljon fenn minden szereplő prediktor-értékre, amivel a bizonyítást befejeztük.

Hátra van még annak ellenőrzése, hogy a simított véges különbséges egyenletek is eleget tesznek-e a fenti követelményeknek. A viszkozitás tagok véges különbséges alakja az x- és y-irányú simításnál a következő:

$$(\pi^n_{i+1j}-\pi^n_{ij})\sum_{k=1}^{N-1}\left|\,u^n_{i+1,j,k+1/2}-u^n_{i,j,k+1/2}\,\right|-(\pi^n_{ij}-\pi^n_{i-1,j})\sum_{k=1}^{N-1}\left|\,u^n_{i,j,k+1/2}-u^n_{i-1,j,k+1}\,\right| \tag{38}$$

$$\begin{aligned}&(M^n_{i+1,j,k}-M^n_{ijk})\left|\,M^n_{i+1,j,k}/\pi^n_{i+1,j}-M^n_{ijk}/\pi^n_{ij}\,\right|-\\&-(M^n_{ijk}-M^n_{i-1,j,k})\left|\,M^n_{ijk}/\pi^n_{ij}-M^n_{i-1,j,k}/\pi^n_{i-1,j}\,\right|\end{aligned} \tag{39}$$

$$\begin{aligned}&(N^n_{i+1,j,k}-N^n_{ijk})\left|\,M^n_{i+1,j,k}/\pi^n_{i+1,j}-M^n_{ijk}/\pi^n_{ij}\,\right|-\\&-(N^n_{ijk}-N^n_{i-1,j,k})\left|\,M^n_{ijk}/\pi^n_{ij}-M^n_{i-1,j,k}/\pi^n_{i-1,j}\,\right|\end{aligned} \tag{40}$$

$$\begin{aligned}&(Q^n_{i+1,j,k}-Q^n_{ijk})\left|\,M^n_{i+1,j,k}/\pi^n_{i+1,j}-M^n_{ijk}/\pi^n_{ij}\,\right|-\\&-(Q^n_{ijk}-Q^n_{i-1,j,k})\left|\,M^n_{ijk}/\pi^n_{ij}-M^n_{i-1,j,k}/\pi^n_{-1,j}\,\right|\end{aligned} \tag{41}$$

(Az y-irányú tagok teljesen analógok.) Az x-irányú tagokat i szerint,

az y-irányú tagokat j szerint összegezve az összegekből az első és utolsó tag különbsége marad meg, ezek eltűnése esetén (pl. periodikus határfeltételek) a (34)–(37) formulák a viszkozitási tagokat tartalmazó véges különbséges egyenletekre is érvényben maradnak.

Vizsgáljuk meg a viszkozitási tagokat alkotó különbség két összetevőjét. Ezek a kifejezések is szimmetrikusak, de 0-értékűek, azaz egyetlen pontban vett függvényértékekből összeállítva őket 0-t adnak. Ezért $\Delta \to 0$ $\frac{\Delta t}{\Delta x}, \frac{\Delta t}{\Delta y}, \frac{\Delta t}{\Delta \sigma} \leqq K$ esetén a megmaradt viszkozitási tagok összegei 0-hoz tartoznak, és a simított véges különbséges egyenletek is a (32) integrál komponenseinek közelítő összegei lesznek.

Állításunk azt mondja ki, hogy a Lax-Wendroff séma a megmaradási törvényeknek nemcsak differenciális alakját, hanem integrál-alakját is közelíti. Az ilyen tulajdonságú módszereket *konzervatívnak* vagy *divergensnek* nevezzük, a megmaradási törvényekkel analóg tulajdonságaikra utalva. A bevezetett viszkozitás elterjedt elnevezése a *pszeudo-viszkozitás*, ami arra utal, hogy ez a valódi viszkozitással ellentétben nem okoz energiaveszteséget a rendszerben.

Áttérünk a Lax–Wendroff-módszer egy további előnyös tulajdonságának vizsgálatára, amely az előbbivel szoros kapcsolatban van.

Az imént megállapítottuk, hogy a Lax–Wendroff-módszer egy olyan összefüggést is közelít, melyben nincs feltéve az $\mathcal{F}$, $\mathcal{A}$, $\mathcal{B}$ és $\mathcal{C}$ vektorfüggvények differenciálhatósága. Ebből már sejthető, hogy ez a módszer a megmaradási törvényeket kielégítő függvények közül nemcsak a differenciálhatóknak, hanem szélesebb osztálynak is jó közelítő módszere. Ezt igazoljuk a következőkben.

A (31) összefüggéshez hasonló módon kaphatjuk a megmaradási törvények *általánosított* alakját. Ha a divergens egyenleteket megszorozzuk egy $w: Q \to R$ differenciálható és egy F korlátos zárt Q-beli halmazon kívül mindenütt eltűnő (kompakt tartójú) függvénnyel, majd integráljuk a kapott összefüggést Q-ban, a következőt kapjuk:

$$I = \int_Q [w(\mathcal{F}_t + \mathcal{A}_x + \mathcal{B}_y + \mathcal{C}_\sigma)]\, dx\, dy\, d\sigma\, dt =$$
$$= -\int_Q [w_t \mathcal{F} + w_x \mathcal{A} + w_y \mathcal{B} + w_\sigma \mathcal{C}]\, dx\, dy\, d\sigma\, dt = 0$$

A kapott összefüggést nevezik a *megmaradási törvények általánosított alakjának*. Azokat az $\mathcal{F}$ függvény-vektorokat melyek eleget tesznek a megmaradási törvények általánosított alakjának, azaz minden fenti tulajdonságú w függvényre a (42) formula utolsó integrálját 0-vá teszik, a divergens egyenletek *általánosított megoldásának* nevezzük. Az általánosított megoldásnak nem kell differenciálhatónak lennie, de ahol az, kielégíti a divergens egyenleteket is.

A (34)–(37) összefüggések levezetéséhez teljesen hasonló módon igazolhatjuk, hogy a Lax–Wendroff-séma és simított változata eleget tesz a (42) formula véges különbséges közelítésének. Ezt a tényt és fontos következményét fogalmazza meg a:

2. *Állítás*

Ha a Lax-Wendroff séma véges különbséges egyenletei konvergensek $\Delta = \max(\Delta x, \Delta y, \Delta\sigma\, \Delta t) \to 0$, $\frac{\Delta t}{\Delta x}, \frac{\Delta t}{\Delta y}, \frac{\Delta t}{\Delta \sigma} \leqq K$, esetén, akkor a határértékül

kapott $\mathcal{F}$ függvény a megmaradási törvények általánosított megoldása, amely differenciálhatósági pontjaiban megoldása a divergens egyenleteknek is. Az állítás érvényben marad a simított véges különbséges egyenletekre is. Állításunk a Lax – Wendroff-séma *korrektségét* fejezi ki, tehát azt, hogy a véges különbséges egyenletek megoldása a megmaradási törvények megoldását közelíti, de nemcsak a differenciálható megoldások körében, hanem egy szélesebb (itt nem ismertetendő) függvényosztályba tartozó megoldások esetén is. Ide tartoznak azok a megoldások is, melyeknek egy 0-mértékű halmazon (valamely görbe mentén) szakadásuk van, tehát sémánk ugrásos megoldás esetén is alkalmazható marad.

Végezetül foglaljuk össze, a Lax – Wendroff-séma ebben a részben bizonyított előnyös tulajdonságait. Igazoltuk, hogy a séma és simított változata másodrendben *approximálja* a divergens egyenleteket. Ezenkívül igazoltuk a séma *korrektségét* szakadásos megoldás esetén is: azaz ha a séma *konvergens*, akkor a megoldást adja. A konnvergencia elégséges feltétele viszont a séma *approximációjának* (amit igazoltunk) és *stabilitásának* együttes fennállása [4]. Így azt kapjuk, hogy ha a séma stabilitását biztosítani tudjuk, akkor az szakadásos áramlási kép esetén is a helyes megoldást közelíti. A stabilitással külön cikk keretében foglalkozunk majd.

IRODALOM

[1] *Práger T.:* Hidrodinamikai módszer a Kárpát-medence időjárásának finomfelbontású előrejelzésére. I. *Időjárás*, 82. No. 4. pp. 200 – 210. 1978.

[2] *Varga L.;* Közönséges differenciálegyenletek numerikus módszerei. Egyetemi jegyzet. ELTE, 1973.

[3] *Lapidus Á.:* A detached schock calculation by second order finite differences. *AEC Research and Development Report.* NYO-1480-69. New York Univ., 1967.

[4] *Самарский Л. В.:* Теория разностых хем. Гостехиздат. Москва. 1976.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 82. évf. 5. szám. 1978. szept.—okt.
Journal of the Meteorological Service, Vol. 82. No 5 September—October 1978 Budapest

Az első globális GARP-kísérlet összetett megfigyelő rendszere

GÖTZ GUSZTÁV, *Központi Meteorológiai Intézet, Budapest*

The Composite Observing System of the First GARP Global Experiment (FGGE.) The Global Experiment is one of the largest and most complex scientific undertakings ever attempted. The purpose of the Experiment is to obtain a better understanding of the behaviour of the global atmosphere and the physical processes underlying that behaviour, to develop mathematical models of the atmosphere which will permit reliable longe-range weather forecasts, to guide the design of a cost-effective global observing and forecasting system for routine use by nations of the world, and to investigate the mechanisms underlying climate variations. No single observing system is capable of providing the observations needed to meet these goals of the Experiment. Hence, a composite observing system has been designed, consisting of a number of individual observing systems of different types. This composite system is based upon the steadily growing operational World Weather Watch (WWW), but seeks to fill the gaps in WWW coverage which will still exist at the time of the Experiment by means of specially deployed observing systems.

*

Комплексная система наблюдений при Первом Глобальном Эксперименте ПИГАП (ПГЭП). Глобальный эксперимент является одним из крупнейших и наиболее комплексных научных начинаний, когда-либо предпринятых в мире. Эксперимент предназначен для лучшего понимания особенностей лгобальной атмосферы и физических процессов, определяющих поведение атмосферы, для разработки математических моделей атмосферы, позволяющих составлять достоверные долгосрочные прогнозы, для сформулирования принципов проектирования эффективной глобальной системы наблюдений и прогнозов, применяемой нациями всего мира в производственном порядке и для изучения механизмов, обусловливающих изменения климата. При проектировании эксперимента явно показалось, что нет единственной системы наблюдений, которая одна могла бы обеспечивать наблюдения, удовлетворяющие требованиям поставленной цели. В связи с этим была запроектирована комплексная система, состоящая из ряда одиночных систем наблюдений различного типа. Данная сложная система основывается на все расширяющейся оперативной Всемирной Службе Погоды (ВСП), но при этом пробелы в сети ВСП, которые будут еще существовать во время эксперимента, будет заполняться специально создаваемыми системами наблюдений.

*

Az első globális GARP-kísérlet *(First GARP Global Experiment* – FGGE), amely a WMO és az ICSU közös erőfeszítéseként egy évtized gondos tervező munkájának az eredménye, egyike azoknak a legnagyobb és legösszetettebb tudományos vállalkozásoknak, amelyekre valaha is sor került. A kísérletben a világ gyakorlatilag valamennyi országa részt vesz. Néhányuk technikailag fejlett megfigyelő berendezéseket bocsát rendelkezésre, mások növelik a meglevő megfigyelő vagy távközlő rendszerek kapacitását, elszállásolnak operatív egységeket, vagy pénzügyi támogatást ajánlanak fel. A szakemberek számára a legkorszerűbb megfigyelő eszközök és a legnagyobb teljesítményű elektronikus számítógépek állnak majd rendelkezésre ahhoz, hogy végrehajtsák a Föld légkörének és óceánjainak eddigi legalaposabb felmérését és tanulmányozását.

1. Az FGGE célja

Az FGGE a megfigyelés és a kutatás nemzetközi programja, amelynek feladata, hogy megállapítsa *az időjárás előrejelzésének elérhető határait.*

A légkör numerikus modelljeivel végrehajtott elméleti vizsgálatok kimutatták, hogy nagy szakadék van a légkör nagytérségű mozgásainak előrejelzését illető jelenlegi képességeink és a prognózisnak azon végső határára vonatkozó becslések között, amelyet a mozgások turbulens természete szab meg. Ez a szakadék a következő körülményekből fakad:

- nem megfelelőek az ismereteink a légkörnek a numerikus időjárás előrejelzés induló pontját jelentő *kezdeti állapotát* illetően, és
- nem megfelelőek az ismereteink az azon *fizikai folyamatok* és *matematikai eljárások* vonatkozásában, amelyek hatékony numerikus prognosztikai modellek szerkesztéséhez szükségesek.

Az FGGE az adatok olyan együttesét fogja szolgáltatni, amely lényegesen teljesebb az operatív időjárás előrejelzésekhez a rutin megfigyelő hálózatból nyerhetőnél. Az ezen bőségesebb adatbázist használó kutatás és experimentáció képes lesz meghatározni a megfigyeléseknek azt a pontosságát és sűrűségét, ami az előrejelzések tökéletesítéséhez *valóban szükséges*, s segíteni fog kifejleszteni azokat a modellezési segédleteket, amelyek ennek a tökéletesítésnek az elérését lehetővé teszik. Hangsúlyoznunk kell azonban, hogy ha a cél a mainál jobb modellek kidolgozása és ellenőrzése, akkor ehhez *lényegesen jobb* globális adatbázist kell az FGGE során megszerezni, mint amivel jelenleg rendelkezünk.

Az FGGE-nek ezt a prototípus jellegű adatbázisát felhasználó eredményes kutatás elvezet majd

- a tökéletesebb operatív előrejelzési modellek kifejlesztéséhez;
- olyan operatív megfigyelő rendszer specifikálásához, amely lehetővé teszi a tökéletesített előrejelzési módszerek rutin formában történő alkalmazását;
- a tranziens dinamikai folyamatok és a klíma-fluktuációk hosszabb tartamú mechanizmusa közötti kapcsolatok jobb megértéséhez;
- végül annak a kérdésnek az alaposabb megismeréséhez, hogy mi a relatív szerepe az előrejelzési hibák csökkentésében a kezdeti állapot pontosabb ismeretének, a fizikai folyamatok jobb ismeretének és a tökéletesített matematikai eljárásoknak.

Az FGGE különleges célkitűzéseit a következőkben foglalhatjuk össze:

1. Elérni a légkör nagytérségű dinamikája és a kritikus fizikai folyamatok jobb diagnosztikai megértését.

2. Kezdeti feltételeket és verifikációs adatokat szolgáltatni azoknak a modell-kísérleteknek a számára, amelyeket az operatív időjárás előrejelzés érvényességi tartamának az előrejelezhetőség végső határa felé történő kiterjesztésére szerkesztettek.

3. Irányítani az operatív időjárás előrejelzésekhez szükséges optimális meteorológiai megfigyelő és előrejelző rendszer tervezését.

4. A megfigyelés egyéves periódusa által megszabott korlátokon belül vizsgálni az éghajlat ingadozásainak alapjául szolgáló fizikai mechanizmusokat.

Az FGGE során a következő *adattípusok* kerülnek tárolásra illetve feldolgozásra:

I. szint: Elsődleges adatok. Ezek általában műszerekről leolvasott adatok, megfelelő fizikai egységekben kifejezve, meghatározott időpontokra és földrajzi koordinátákra vonatkoztatva. Ilyen adatokra példa a műholdak sugárzási adatai vagy az aerosztátok pozíciói, s. i. t. (de a nyers telemetrikus jelek már nem). Ezeket az adatokat még tovább kell konvertálni ahhoz, hogy az adatokkal szemben támasztott követelményeknek eleget tevő meteorológiai paraméterekké váljanak. Az elsődleges adatok kezelését és konvertálását általában azok az intézmények hajtják végre, amelyek a szóbanforgó megfigyelő berendezést üzemeltetik.

II. szint: Meteorológiai paraméterek. Ezek az adatok a megfigyelés helyére és időpontjára vonatkozó meteorológiai paraméterek értékei. Vagy a különböző egyszerű műszerekről közvetlenül nyerhetők (pl. hőmérséklet), vagy az I. szintű adatokból vezethetők le (pl. átlagos szél az aerosztátok egymást követő pozíciói alapján).

A II. szintű adatok három kategóriába sorolhatók:

II-a szint: Operatív adatok, amelyek a globális távközlési rendszeren keresztül az operatív cikluson belül kerülnek forgalmazásra;

II-b szint: A globális kísérletek kutatási adatállománya, amely a teljes globális adathalmaz kialakítása érdekében késleltetve áll össze;

II-c szint: A klímakutatás adatállománya, amely késleltetett módban kerül összegyűjtésre.

III. szint: Kezdeti érték paraméterek. Ezek olyan belsőleg konzisztens adatállományok, amelyek a II. szintű adatokból négydimenziós asszimilációs módszerek alkalmazásával állíthatók elő. A III. szintű adatok két kategóriába sorolhatók:

III-a szint: Operatív analízisek, amelyek a II-a szintű adatokból származnak;

III-b szint: A globális kísérlet analízisei, amelyek késleltetve a II-b szintű adatokból származnak.

A real-time adatforgalmazás II-a és III-a szintű adatállományokat, a késleltetett processzálás pedig II-b és III-b szintű adatállományokat eredményez.

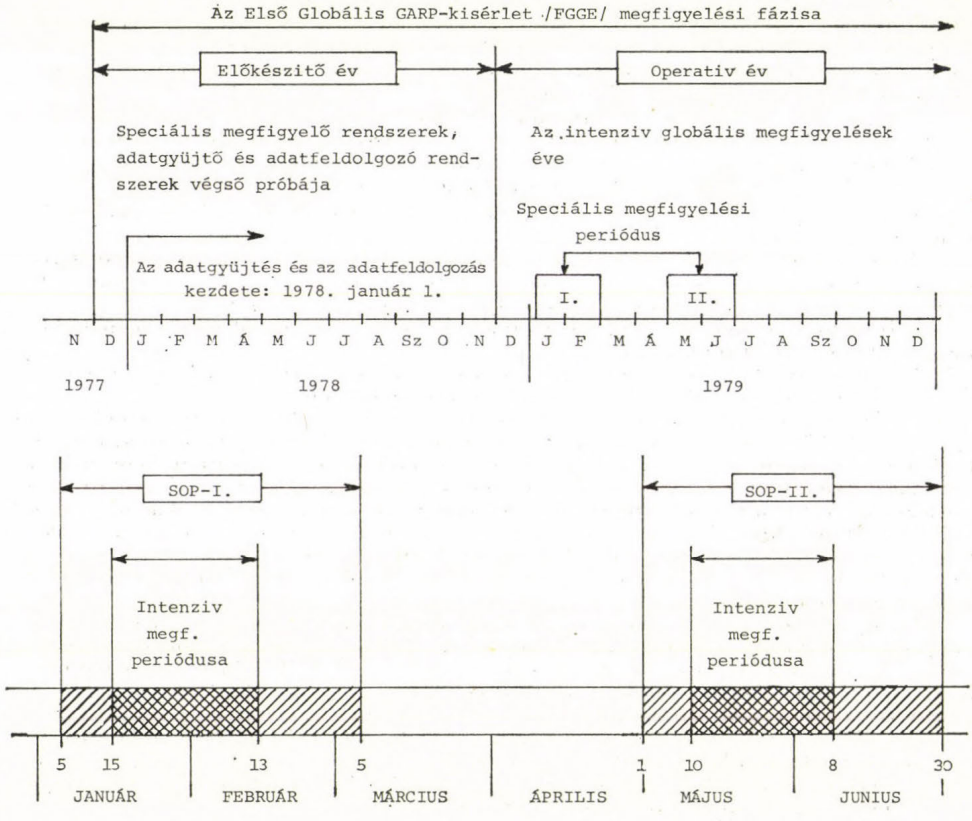
Ebből az osztályozásból kitűnik, hogy az FGGE legfontosabb adatállományát a késleltetett forgalmazásban gyűjtött II-b szintű adatok képezik majd. Ezeknek az adatoknak az összegyűjtésére négy *körzeti alközpontot* (Anglia, Egyesült Államok, Japán és Szovjetunió), valamint számos *speciális adatközpontot* jelöltek ki, amelyek az adatállományokat nemzetközileg előírt formátumban mágnesszalagra rögzítve tíznaponként két *II-b szintű adatközpontba* juttatják el. A *felszíni megfigyelő rendszerből* származó II-b szintű adatok központja a Szovjetunió (Moszkva), az *űrbázisú és a speciális megfigyelő rendszerekből* nyert II-b szintű adatok központja pedig Svédország (Norrköping).

A teljes FGGE-adatállományok végleges tárolása egy-egy identikus példányban két *adat-világközpontban* (WDC) történik majd: az Egyesült Államokban (WDC-A) és a Szovjetunióban (WDC-B).

2. Az FGGE időbeli ütemezése

A globális kísérlet *megfigyelési fázisa* a következő időrendi ütemezésben kerül végrehajtásra:

a) Az *előkészítő év* 1977. december 1-én kezdődött és tizenkét hónapon keresztül tart.



1. ábra: Az FGGE időbeli ütemezése

Ennek során történik meg az új műholdak, a kommunikációs és adatfeldolgozó rendszerek operatív munkába állítása, valamint a speciális megfigyelő rendszerek tesztelése.

b) Az *adatgyűjtési periódus* kezdete 1978. január 1. Ennek során gyűjtik a WWW teljes megfigyelési anyagát, továbbá mindazoknak a műholdaknak az adatait, amelyek már operatív jelleggel üzemelnek. Az adatokat kommunikálják és analizálják, hogy lehetővé váljék az adatátviteli és adatfeldolgozó rendszerek illeszkedési próbája.

c) Az *operatív év* kezdete 1978. december 1. Ekkor lép teljes munkába az FGGE alap megfigyelő rendszere és adatfeldolgozó rendszere. Az időszak elsődleges adatforrása az alap megfigyelő rendszer, valamint a már rendelkezésre álló kutató műholdak. Ez a periódus akkor tekinthető teljesnek, ha legalább 12 egymást követő hónapban sikerült az intenzív globális adatfedettséget biztosítani.

d) A két *speciális megfigyelési periódus* (SOP) az a két-két hónapos időszak, amikor az egyenlítői trópusok és a déli hemiszféra speciális megfigyelő rendszerei operatív munkába állnak. A regionális kísérletek végrehajtására szintén e két perióduson belül kerül sor.

- *SOP – I:* 1979. január 5. – március 5. Ez az időszak az északi hemiszféra nyugati szélzónájának maximális intenzitásával esik egybe, s jó eséllyel tanulmányozható lesz annak blocking-helyzetté történő leépülése. Ebben a periódusban kerül sor a téli monszun elemzésére is.
- *SOP – II:* 1979. május 1. – június 30. Ez a periódus az északi hemiszféra nyarának nagytérségű monszun-folyamatai tanulmányozása érdekében került kijelölésre.

e) A két *intenzív megfigyelési periódus* a SOP – I és a SOP – II középső harminc napja: az első időszaka 1979. január 15. – február 13., a másodiké 1979. május 10. – június 8. Kijelölésükre azért volt szükség, mert lehetetlen az összes speciális megfigyelő rendszert (hajókat, repülőgépeket) a SOP-ok teljes időszaka alatt folyamatosan maximális kapacitással üzemeltetni. A speciális megfigyelő rendszerek operációs koncepciója olyan, hogy a mérések csúcs-effektivitása erre a két periódusra essék.

Az időbeli ütemezés grafikonját az *1. ábra* mutatja be.

A globális kísérlet megfigyelési fázisát egy *adatfeldolgozási periódus* és egy kiterjedt *kutatási fázis* követi. A cél az, hogy az FGGE fő tudományos eredményei még 1984 előtt megszülessenek.

3. Az FGGE összetett megfigyelő rendszerének elemei

A globális kísérlet tervezése során nyilvánvalóvá vált, hogy nem létezik egyetlen olyan megfigyelő rendszer sem, amely *egymagában* képes lenne az FGGE célkitűzéseit kielégítő megfigyeléseket szolgáltatni. Ezért egy ún. *összetett* megfigyelő rendszert terveztek meg, amely számos különböző típusú egyedi megfigyelő rendszerből áll. Ez az összetett rendszer az állandóan bővülő operatív Időjárási Világszolgálaton *(World Weather Watch* – WWW) alapszik, de speciálisan telepített megfigyelő rendszerekkel igyekszik betölteni a WWW fedettségében mindazokat a hiányokat, amelyek az FGGE idején még meglesznek.

Az FGGE összetett megfigyelő rendszerét ezért a következő elemek alkotják:

a) Az *alap megfigyelő rendszer*, amely az FGGE egész időszaka folyamán üzemel. Ez a rendszer az alábbi komponensekből áll:

- a *WWW felszíni megfigyelő rendszer*, amely szolgáltatja a földfelszíni és magaslégköri megfigyeléseket (elsősorban a szárazföldek fölött), a hajókon végzett észleléseket az óceánokról, valamint a kereskedelmi repülőgépekről származó megfigyeléseket;
- *geostacionárius műholdak*, amelyek megfigyelik a felhők mozgását, amiből a trópusi területek és az alacsonyabb földrajzi szélességek kedvező területein a széladatok levezethetők;
- *poláris pályán keringő műholdak*, amelyek infravörös és mikrohullámú berendezésekkel vannak felszerelve, hogy érzékeljék a légkör vertikális hőmérsékleti profiljait és a tengerfelszín hőmérsékletét.

b) Speciális megfigyelő rendszerek, amelyek kiegészítik az alap megfigyelő rendszer hiányait. Magas költségeik miatt ezeknek a rendszereknek a többsége csak az FGGE két speciális megfigyelési periódusa folyamán fog üzemelni. Speciális megfigyelő rendszert képez

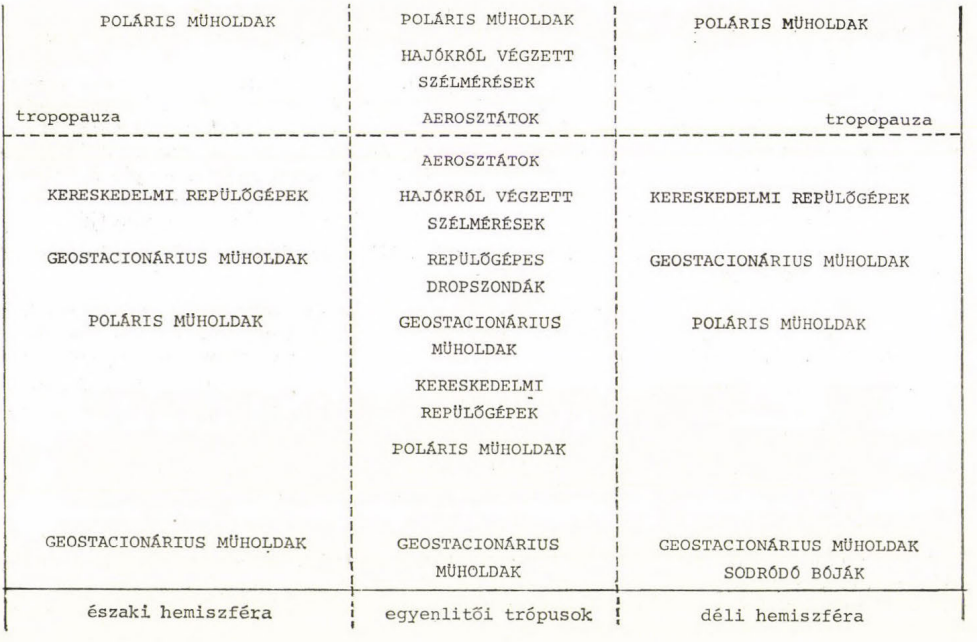
- a *WWW időszakos kiegészítő szárazföldi állomások hálózata*, amelyet egy sor állam hoz létre, hogy javítsa a térség meglevő ritka magaslégköri állomáshálózatának a felbontóképességét;

– a *trópusi magassági szélmérő rendszerek csoportja*, amely az egyenlítői trópusi övben megkövetelt részletes széladatokat szolgáltatja – ezek közé tartozik
– a *trópusi szélmegfigyelő hajók* hálózata: a tervek szerint a trópusi óceánokon a magassági szél mérésére felszerelt hajókat fognak telepíteni;
– a *repülőgépes szélmérő dropszonda rendszer*, amelyet az ejtőernyővel felszerelt szondák indítására alkalmas repülőgépek flottája alkot az óceánok fölött; és
– a *trópusi aerosztát program*, amelynek keretében konstans szinten úszó ballonok segítségével járulékos szél-információt fognak gyűjteni a repülőgépek maximális operatív repülési magassága fölötti rétegekből; végül speciális megfigyelő rendszer
– a *déli hemiszféra sodródó bója rendszere*, amely tengerfelszín-hőmérséklet és tengerszinti nyomás adatokat fog szolgáltatni a déli óceánok hatalmas kiterjedésű vízfelületeiről.

c) Járulékos rendszerek, amelyek segítik a megfigyelési program végrehajtását Ilyenek.
– a *kutató műholdak*, mint például az Egyesült Államok SEASAT és *Nimbus*-G programja, amely egész sor különböző típusú adatot fog szolgáltatni;
– a *repülőgépes integrált adat rendszer*, amely speciális berendezést alkalmaz az inerciális navigációs műszerrel felszerelt kereskedelmi repülőgépeken mért meteorológiai adatok visszanyerésére;
– számos *kutató program*, amelyet ugyan közvetlenül nem az FGGE számára terveztek, de amelyek jelentős mértékben hozzájárulnak majd a globális adatbázis teljességéhez. E kutatási tevékenység sorába tartozik például annak a speciális *Navaid-szondázó rendszernek* a kifejlesztése, amelyről részletesen a *3.2.2. fejezetben* lesz szó.

Az összetett megfigyelő rendszer különböző elemei által biztosított területi fedettségről a *2. ábra* és az *1. táblázat* ad képet.

Az FGGE számára kidolgozott összetett megfigyelő rendszer kvalitásának értékeléséhez világosan kell látnunk, hogy a rendszer a kívánatos és a ténylegesen megvalósítható tervek közötti kompromisszum jegyében született meg. A tervező munkát számos körülmény és tényező befolyásolta; ezek között a legfontosabbak a következők voltak:
– egy ideális rendszerre vonatkozó specifikációk;
– a rendelkezésre álló megfigyelési platformok és eljárások jellemzői;
– a rendelkezésre álló fizikai és pénzügyi források;
– a javasolt megfigyelő rendszert a GARP numerikus experimentációs alprogramja keretében szimuláló numerikus kísérletek eredményei.



2. ábra: Az FGGE összetett megfigyelő rendszerének különböző elemei által biztosított területi fedettség (az ábrán a WWW felszíni megfigyelő rendszere nincs feltüntetve)

Kétségtelen, hogy ha a végrehajtás során lehetőség nyílik a rendszer tökéletesítésére, akkor az az FGGE értékét csak növelni fogja. Ezzel szemben az esetleges további kompromisszumok megkérdőjelezik vagy csorbítják a globális kísérlet remélt hasznát. Mindazonáltal az ebben a fejezetben részletes leírásra kerülő összetett megfigyelő rendszerről joggal tételezhetjük fel, hogy az alkalmas lesz annak a globális adatbázisnak az összegyűjtésére, amely majd biztos alapul szolgál az időjárás előrejelzésének és az éghajlat értékelésének produktív kutatásához.

3.1. *Az alap megfigyelő rendszer*

Az FGGE alap megfigyelő rendszere azokból az elemekből épül fel, amelyek az *egész kísérleti periódus* során hozzá tudnak járulni a globális adatbázis kialakításához. E rendszeren belül a WWW *felszíni megfigyelő rendszere*, valamint a *geostacionárius* és a *poláris pályán keringő műholdak* a megfigyeléseknek olyan globális fedettségét fogja biztosítani, ami lényegesen jobb, mint amit az FGGE időszaka előtti operatív jellegű megfigyelő rendszer ad. Az alap megfigyelő rendszerből származó megfigyelések minősége azonban nagymértékben ingadozó lesz. A trópusi óceánok és a déli hemiszféra *in situ* megfigyeléseinek ritkasága például jelentősen csökkenteni fogja a műholdas adatokból levezetett analízisek pontosságát. Mindazonáltal a magából az alap megfigyelő rendszerből származó adatok is már számos kutatási feladathoz adnak majd hasznos támpontot.

3.1.1. *A WWW felszíni megfigyelő rendszer*

Az FGGE összetett megfigyelő rendszerének bázisát a WWW operatív *globális megfigyelő rendszere* (GOS) képezi. A GOS *felszíni alrendszere* a talaj megfigyelő állomások és a magaslégköri megfigyelő állomások regionális szinoptikus alaphálózataiból, továbbá

I. TÁBLÁZAT

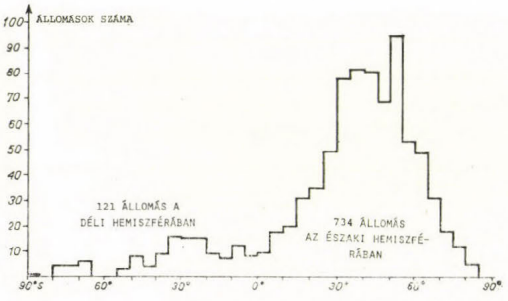
Az FGGE összetett megfigyelő rendszerének különböző elemei által szolgáltatott adatok

p = nyomás T = hőmérséklet V = szél f = légnedvesség	ÉSZAKI HEMISZFÉRIA			EGYENLÍTŐI TRÓPUSOK			DÉLI HEMISZFÉRA		
	kont.	tenger	szabad légkör	kont.	tenger	szabad légkör	kont.	tenger	szabad légkör
	p T	*p T*	*p T V f*	*p T*	*p T*	*p T V f*	*p T*	*p T*	*p T V f*
ALAP MEGFIGYELŐ RENDSZER									
WWW felszíni megfigyelések	X X	X X	X X X X	X X	X X	X X X X	X X	X X	X X X X
geostacionárius műholdak			X			X			X
poláris műholdak		X	X X		X	X X		X	X X
SPECIÁLIS MEGFIGYELŐ RENDSZEREK									
WWW kiegészítő állomások				X X		X X X X			
trópusi szélmérő hajók					X X	X X X X			
repülőgépes dropszondák						X X X X			
trópusi aerosztátok						X X X			
sodródó bója rendszer								X X	
JÁRULÉKOS RENDSZEREK									
repülőgépes adatrendszer			X X X			X X X			X X X

mozgó hajókon, repülőgépeken, automatikus tengeri állomásokon, s. i. t. végzett megfigyelésekből tevődik össze. Ezt az alrendszert jól definiált hosszútávú tervek szerint fejlesztik, s ezekben a tervekben figyelembe vették az FGGE igényeit. A globális kísérlet folyamán néhány időszakos kiegészítésre is sor kerül.

A rendszer jellemzése. A WWW felszíni megfigyelő rendszerének magaslégköri állomáshálózatából nyert észlelések, amint az a *3. ábrán* is látható, elsősorban az északi félteke mérsékelt földrajzi szélességeire koncentrálódnak. A megfigyelő rendszer főbb komponensei a következők:

Talajszinti megfigyeléseket végző szinoptikus állomások száma: 9217
Magaslégköri megfigyeléseket végző szinoptikus állomások száma: 835
Állandó pozíciójú óceáni időjárási megfigyelő hajók száma: 7
Önkéntes talajszinti megfigyeléseket végző hajók száma: 7370
Magaslégköri megfigyeléseket végző mozgó hajók száma: 55
Repülőgépes meteorológiai jelentések átlagos száma naponta: 1600



3. ábra: A WWW felszíni megfigyelő rendszerének keretében jól működő rádiószondázó állomások átlagos száma (1968—1973) öt fokos földrajzi szélességi övezetenként (a NOAA *Geophysical Fluid Dynamics Laboratory* által gyűjtött adatok alapján)

A repülőgép-műhold adatközvetítési (ASDAR) rendszer. Az elmúlt évek során a NASA *Lewis Research Center* (Cleveland, Ohio, USA) egy olyan rendszer prototípusát fejlesztette ki, amely kis költséggel lehetővé teszi a repülőgépes meteorológiai megfigyelések teljesen automatizált gyűjtését. Ez a rendszer az FGGE idejére rendelkezésre álló geostacionárius műholdak, hálózatára épül és az *Aircraft to Satellite Data Relay* (ASDAR) nevet viseli.

Az ASDAR-rendszer jó felbontásban (óránként nyolc jelentés, azaz tipikus repülési sebességgel számolva kb. 125 km-es intervallumonként) magas kvalitású adatokat biztosít, amelyek automatikusan kerülnek a repülőgépről kisugárzásra; a jeleket egy geostacionárius műhold veszi, s ilyenformán lehetőség nyílik az információk real-time forgalmazására és feldolgozására. Az adatokkal kellően ellátott és az adatszegény területekről így egyaránt beszerezhető mérések nem csak az FGGE számára szolgálhatnak további megfigyelésekkel, hanem hasznos támpontot adhatnak a műholdas hőmérséklet mérések és a műholdas felhőfelvétel sorozatából levezetett széladatok kalibrálásához is.

A WMO hozzájárulásával és támogatásával két olyan programot dolgoztak ki, amely az ASDAR-rendszer használatára irányul. Az első program egy *nemzetközi prototípus-teszt*, amely 1977 márciusában kezdődött és 1978 augusztusáig tart. Ennek keretében több, a NASA *Lewis Research Center*-ben összeszerelt ASDAR-egység prototípusnak a nemzetközi légijáratokon való kipróbálására kerül sor; ezeket a rendszereket az Egyesült Államok kormánya bocsátja rendelkezésre. A program előkészítése érdekében 1976-ban két WMO ASDAR-missziót szerveztek, amelyek során a szakértők Ausztráliában, Franciaországban, az NSZK-ban, Hollandiában, New-Zealand-ban, Singapore-ban, Svédországban és Svájcban tettek látogatást. A tárgyalások eredményeként a programban a prototípus-modelleket két-két Pan American és Qantas gépen, továbbá egy-egy KLM, Swissair és SAS gépen próbálják ki.

A második program — egy *nemzetközi teszt és értékelési program* — végrehajtása a tervek szerint egybe fog esni az FGGE operatív évével. Ebbe a programba a különböző államok úgy kapcsolódhatnak be, hogy beszerzik az ASDAR-rendszer egyik szériaváltozatát, vagy kifejlesztik saját rendszerüket. Vásárlás esetén az ASDAR-csomag, az antenna, a kábelek és a teljes szerelési készlet ára 15 000 — 25 000 US-dollár.

Kommunikáció és adatkezelés. Összhangban a WWW-tervekkel, az Időjárási Világszolgálat *globális adatfeldolgozó rendszerén* (GDPS) belül jelenleg három meteorológiai világközpont (WMC) és huszonhárom regionális meteorológiai központ (RMC) működik.

A WMC-k és az RMC-k közötti adatforgalmat a WWW *globális távközlési rendszere*

(GTS) bonyolítja le, amely egy fő trunk-vonalból, továbbá regionális és nemzeti telekommunikációs hálózatokból áll.

Az FGGE során a WMC-k állítják elő real time-ban a megfigyelések *operatív adatait (II-a szint)*, valamint az ezekből származó *operatív analíziseket (III-a szint)*. Azokat az adatokat, amelyeket valamilyen oknál fogva nem lehet begyűjteni real-time-ban (azaz a GTS ún. korlátozott operatív ciklusán belül), a nemzeti meteorológiai központok telexen vagy postai úton az FGGE illetékes körzeti alközpontjába küldik; a négy körzeti alközpontból azután ezeket az adatokat a moszkvai adatközpontba továbbítják.

Fejlesztési tervek. A WWW felszíni megfigyelő rendszere további fejlesztésének észletezett terveit az 1976–1979. periódusra vonatkozóan a WMO VII. Kongresszusa (Genf, 1975) fogadta el. A következőkben mi csak azokat a fejlesztéseket említjük, amelyek a FGGE szempontjából különösen fontosak. Ezek közé tartozik mindenekelőtt egy sor új állomás telepítése, valamint számos meglevő állomás megfigyelési programjának a bővítése.

A WWW működésének a monitoringja nem csak az FGGE, hanem a rendszer hosszútávú fejlesztése szempontjából is igen fontos.

A monitoring-séma *real-time* funkcióit az összes WWW-központ el fogja látni, mindazokra a megfigyelésekre vonatkozóan, amelyeket az előírások szerint meg kell kapnia. Ha a begyűjtésben hiányosságok lépnének fel, a központ a GTS-en keresztül speciális üzenetet küld a szomszédos központoknak, hogy a telekommunikációs problémák izolálhatók legyenek. Az előírt megfigyelések korrekt elvégzéséért és továbbításáért a felelősséget végső soron a nemzeti megfigyelő, adatgyűjtő és adatkisugárzó rendszerek viselik.

A monitoring-séma *non-real-time* funkcióit a nemzeti meteorológiai központok és a meteorológiai világközpontok fogják ellátni; ezek a központok statisztikai összesítőket fognak készíteni a WWW különböző komponenseinek a működéséről. Ezeknek az összesítéseknek egy részét háromhavonta a WMO-Titkársághoz juttatják el, ahol elemzik azt, s azonosítják az esetleges hiányosságokat. A monitoring által feltárt hibák orvoslását a Főtitkár koordinálja.

Az FGGE végső produktumai azok a teljes adathalmazok lesznek, amelyek a II-b szintű adatok előállításával keletkeznek. Nyilvánvaló, hogy ezeknek az adategyütteseknek a jó minőségét pusztán a GTS-en keresztül történő real-time adatforgalom monitoringjával nem lehet garantálni. Ezért a regionális FGGE területi alközpontok szintén ellátnak majd bizonyos járulékos monitoring-feladatokat. Ez a monitoring elsősorban a kulcsfontosságú állomásokra irányul majd, továbbá az azokon a területeken elhelyezkedő állomásokra terjed ki, amelyekről az operatív adatgyűjtés tudottan nem kielégítő. Ennek a járulékos monitoringnak a célja az, hogy azonosítsa azokat a jelentéseket, amelyeket a végső II-b szintű adatállomány teljessége érdekében a késleltetett gyűjtések során kell beszerezni.

3.1.2. *Geostacionárius műholdak*

Az FGGE során a WWW globális megfigyelő rendszerének űrbázisú alrendszere keretében öt geostacionárius műhold fog működni nagyjából homogén eloszlásban az egyenlítő körül, 36 000 km magasságban. Ezekről a műholdakról a *II. táblázat* ad összefoglalást; az általuk biztosított területi fedettséget a *4. ábra* mutatja be.

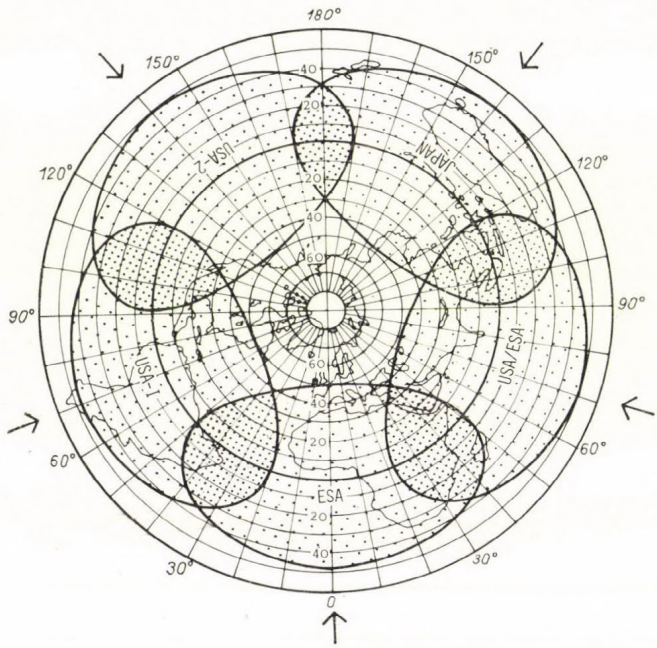
II. TÁBLÁZAT

Az FGGE során működő geostacionárius műholdak áttekintése

Operátor	Műhold	Talppont	Fellövés időpontja
USA	GOES–II	75 °W	1977 június
USA	SMS–II	135 °W	1975 február
ESA	METEOSAT–I	0°	1977 november
Japán	Himawari (GMS)	140 °E	1977 július
Szovjetunió	GOMS	70 °E	az FGGE operatív éve után
USA/ESA	GOES	~ 70 °E	az FGGE operatív évére

1977 októberében a Szovjetunió tájékoztatta a WMO Titkárságát, hogy az 1978 végén az egyenlítő 70° E pontja fölé tervezett GOMS elnevezésű műhold az FGGE során nem kerül pályára. Ennek a műholdnak a pótlása érdekében a jelenlegi elképzelések szerint az USA és az ESA (*European Space Agency:* európai űrkutatási hivatal) együttműködésével egy GOES-típusú műholdat fognak üzemeltetni.

A geostacionárius műholdak által szolgáltatott megfigyelések. A geostacionárius műholdak a légkört az elektromágneses spektrum látható és infravörös tartományában több csatornán keresztül figyelik. Az így nyert adatok számos meteorológiai paraméter meghatározására használhatók fel.



4. ábra: A geostacionárius műholdaknak a műhold-talppontól 50°-os maximális szögtávolsággal szerkesztett hasznos látómezeje; a feltételezések szerint a magassági szél e tartományokon belül elfogadható pontossággal vezethető le

Szél. A műhold fedélzetén elhelyezett speciális sugárzásmérők (ún. *scanning radiométerek)* a látható és az infravörös tartományban mérik a sugárzás intenzitását a látókörbe eső egész földkorong fölött. Miután ezek az adatok a földi központba kerültek, ott normál és infravörös képekké alakítják őket. A kb. 30 perces időközönként rendelkezésre álló képsorozatok alapján megállapítják az alacsony, középmagas és magas felhők elmozdulását, ezekből pedig szélvektorokat számítanak. Ilyen típusú széladatok természetesen csak azokból a körzetekből állnak majd rendelkezésre, ahol megfelelő a felhőzet – tehát főként az alacsony földrajzi szélességekről.

A műholdas képanyagból a széladatok leszármaztatása manuális és automatikus eljárások keverékével történik. Az FGGE során a széladatok előállítására – a felhőzeti viszonyoktól függően – naponta 2 – 4 alkalommal, 2 – 3 szintre vonatkozóan kerül majd sor. A nyert adatok pontossága az előzetes becslések szerint az alacsonyszinti szelekre 3 m/sec, a magasszinti szelekre pedig 6 m/sec.

Egyéb paraméterek. A geostacionárius műholdak infravörös sugárzás adatai felhasználhatók a tengerfelszín hőmérsékletének, a felhőfedettségnek, a felhőtető hőmérsékletének, a sugárzási egyensúlynak, s. i. t. a meghatározására is. Ezeket a paramétereket a poláris pályán keringő műholdak infravörös sugárzás méréseiből szintén előállítják majd.

Kommunikáció és adatkezelés. A műholdas adatokat a földi vevőállomások gyűjtik, majd onnan az adatok a speciális adatfeldolgozó központokba kerülnek, ahol előállítják belőlük a II. szintű meteorológiai paramétereket. Ezek a paraméterek operatív adatokként a GTS-en keresztül kerülnek forgalmazásra, késleltetett módban pedig a Norrköping-i adatközpontba jutnak.

A geostacionárius műholdak berendezései adatgyűjtést is végeznek majd a különböző megfigyelő fedélzetekről, s mint ilyenek, részét képezik a nemzetközi adatgyűjtő rendszernek. A műholdon hat nemzetközi csatorna áll rendelkezésre ahhoz, hogy a meteorológiai érzékelőkkel és adókkal felszerelt fedélzetekről származó adatokat közvetítse. E csatornák közül egy az ASDAR-rendszert fogja kiszolgálni, két csatornát pedig a *mozgó hajó programnak* és a *távoli szárazföldi állomás programnak* szentelnek.

3.1.3. *Poláris pályán keringő műholdak*

A kvázipoláris pályán keringő meteorológiai mesterséges holdak az elmúlt évtized során a globális megfigyelés kitűnő berendezéseinek bizonyultak. A látható és az infravörös színképtartományban végzett felvételek alapján meghatározható a felhőfedettség, valamint a hó és a jég eloszlása. Az elektromágneses spektrum infravörös és mikrohullámú tartományában végzett sugárzásmérések felhasználhatók a hőmérséklet és a vízgőztartalom vertikális profiljának a kiszámítására, továbbá az óceánok fölötti csapadék és a talajnedvesség mértékének a becslésére. Ezeken felül ezek a műholdak felhaszhálhatók a más megfigyelő fedélzetekről (bójákról, ballonokról, automatikus időjárási állomásokról) származó adatok összegyűjtésére is.

A WWW globális megfigyelő rendszerének űrbázisú alrendszere keretében az FGGE operatív éve során két ilyen műhold-rendszer fog üzemelni: a *TIROS-N rendszer*, amelyet az USA tervez az Egyesült Királyság és Franciaország bevonásával, valamint a *METEOR-rendszer*, amelyet a Szovjetunió épít ki.

(A) *A TIROS-N rendszer*

A műhold által szolgáltatott megfigyelések. Egy *operatív vertikális szondázó berendezés* méri az emittált sugárzást a spektrum infravörös és mikrohullámú tartományainak egy egész sor csatornáján. Ennek a berendezésnek a fő egységét az Egyesült Királyság szállítja. Az adatok feldolgozásának eredményeként a vertikális hőmérsékleti profil adódik a talajszinttől a kb. 1 mb-os szintig, 1 – 1,5 fokos pontossággal és mintegy 250 km-es horizontális felbontásban. Az adatokból levezethető a levegő vízgőztartalma a troposzféra három szintjére, a tengerfelszín hőmérséklete és a talaj nedvességtartalma is.

Egy *továbbfejlesztett, igen nagy felbontású radiométer* a földfelszint a látható és az infravörös tartományban négy csatornán pásztázva nappali és éjszakai képsorozatokat szolgáltat a szárazföld, a víz, a hó, a jég, a felhők és a tengerfelszín hőmérsékletének az eloszlásáról.

Az *Argos* elnevezésű *adatgyűjtő és platform-lokalizáló rendszer*, amelyet Franciaország szállít, veszi a különböző fedélzetekről (ballonok, bóják, s. i. t.) kisugárzott adatokat, pontosan meghatározza pozíciójukat, s tárolja az információkat mindaddig, amíg a műhold az egyik földi állomás vételi körzetébe nem kerül.

Az operációk koncepciója. A TIROS-N rendszeren belül két műholdat fognak fellőni kvázi-poláris napszinkron pályára, kb. 720 km magasságba; a műholdak a pálya felszálló ágában 0830 és 1530 LST órakor keresztezik az egyenlítőt. Az első műhold fellövését 1978 augusztusában tervezik, a második fellövésére négy-öt hónappal később kerül sor. Szükség esetén – a folytonos fedettség biztosítása érdekében – egy további műholdat is indítani fognak.

Kommunikáció és adatkezelés. A TIROS-N rendszer adatait a műholdakról a földi lekérdező állomások gyűjtik, majd feldolgozásra a NESS-be *(National Environmental Satellite Service:* az amerikai meteorológiai szolgálat [NOAA] műhold-központja, Suitland, Maryland, USA) továbbítják. Az *Argos-rendszerrel* nyert információk feldolgozására Franciaországban kerül sor. A leszármaztatott meteorológiai adatok (II. szint) ezután a washingtoni világközpontba kerülnek, ahol azokat beiktatják a II-a szintű és a III-a szintű adategyüttesbe, s gondoskodnak a GTS-en keresztül történő továbbításukról. A NESS ezen kívül mágnesszalagos adatállományokat is generál, amelyeket azután postai úton juttat el a Norrköping-i adatközpontba.

(B) *A METEOR-rendszer*

A műhold által szolgáltatott megfigyelések. 1978 – 1979-ben a Szovjetunió kialakítja a tökéletesített METEOR-rendszert, s az azt képező mesterséges holdakat az alábbi berendezésekkel látja el:

– letapogató televíziós berendezés real-time jellegű (ATP) alkalmazásra;
– letapogató televíziós berendezés a műhold egy körülfordulása során gyűjtött képanyag fedélzeti tárolására alkalmas egységgel;
– információs letapogató, orbitális memóriával – ennek az adatai real-time-ban is továbbításra kerülnek;
– a 10,5 – 18 mikrométeres infravörös tartományban működő többcsatornás spektrométer;
– aktinométer a teljes napsugárzás mérésére;
– esetleg egy háromcsatornás mikrohullámú műszer.

Az operációk koncepciója. A METEOR-rendszert egyidejűleg két vagy három műhold alkotja, amelyeknek az egyedi operatív életideje minimálisan hat hónap. A műholdak kb. 1000 km magasságban körpályán keringenek; inklinációjuk 81 fok.

Kommunikáció és adatkezelés. A METEOR-holdak adatainak vételét és feldolgozását részben a moszkvai környezet- és nemzeti erőforrás kutatási tudományos központ, részben a novoszibirszki és habarovszki regionális meteorológiai központ végzi.

3.2. *Speciális megfigyelő rendszerek*

Az FGGE alap megfigyelő rendszere ugyan globális adatfedettséget biztosít, bizonyos tartományokban azonban nem képes kielégítő adatellátást nyújtani. Amíg az északi félteke közepes és magas földrajzi szélességein a megfigyelések tökéletesek, a trópusok és a déli hemiszféra nagy területéről csak távmérések állnak rendelkezésre. A vizsgálatok arra az eredményre vezettek, hogy az egyenlítő térségében igen lényegesek a tényleges szélmérések, továbbá, hogy a többi földrajzi szélességeken is szükség van bizonyos minimális számú *in situ* megfigyelésre ahhoz, hogy a távmérésekből leszármaztatott meteorológiai adatok kielégítő pontosságát biztosítani lehessen. Ezért az FGGE operatív évében (s azon belül elsősorban a két speciális megfigyelési periódusban) egy sor speciális megfigyelő rendszer is működni fog; a következőkben ezeket tekintjük át.

3.2.1. *Trópusi szélmegfigyelő hajók (TWOS)*

Az egyenlítői övben a vertikális szélprofilt részletesen mérő sűrű állomáshálózatra van szükség ahhoz, hogy a légkör állapota megfelelően specifikálható legyen. A közepes és a magas földrajzi szélességeken, mint ismeretes, szoros kapcsolat áll fenn a tömeg mezeje és az áramlási mező között, tehát a nyomásképből a szélvektorok jó közelítéssel előállíthatók. Ez a kapcsolat azonban az alacsonyabb földrajzi szélességek felé haladva egyre gyengül, s az egyenlítői tartományban analitikus és előrejelzési célokra lényegében használhatatlanná válik. Így a trópusokon a közvetlenül mért széladatok megkülönböztetett jelentőséghez jutnak.

Mivel a tervezett operatív WWW nem biztosítja a kellő és teljes adatfedettséget, ezért az FGGE két speciális megfigyelési periódusában a *trópusi magassági szélmérő rendszerek csoportja* fogja szolgáltatni a szükséges kiegészítő adatokat. Ez a csoport a trópusi szélmegfigyelő hajók *(Tropical Wind Observing Ships* – TWOS) hálózatát foglalja magában, amelyeknek a többsége az ún. *FGGE Navaid Sounding System*-mel lesz felszerelve *(3.2.2. fejezet);* magában foglalja továbbá a *repülőgépes dropszonda rendszert (3.2.4. fejezet).*

A TWOS által szolgáltatott megfigyelések. Magaslégköri megfigyeléseket fog végezni minden egyes, a programban résztvevő hajó, naponta kétszer vagy többször, a nyílt tengeren tartózkodás egész időszakában. A hajók várható elrendeződését a következő fejezetben írjuk le. A hajókon két típusú magaslégköri szondázó berendezést fognak alkalmazni: *konvencionális rádiószondákat,* amelyeket stabil fedélzeti radarral vagy rádiógoniométerrel követnek, valamint az ún. *NAVAID-rádiószondákat (3.2.2. fejezet),* amelyeknek a vevő- és regisztráló egységei a hajón vannak elhelyezve, s amelyek olyan adatokat szolgáltatnak, amikből az OMEGA vagy más igen kis frekvenciájú globális rádiónavigációs hálózatok (NAVAID) segítségével a szél iránya és sebessége meghatározható. Mindkét típusú berendezés lehetővé teszi a szél, a hőmérséklet, a légnedvesség és a geopotenciál vertikális profiljának az előállítását. A radarral vagy a rádiógoniométerrel nyert széladatok tipikus pontossága a becslések szerint 2 – 3 m/sec, s a NAVAID-rendszerek segítségével nyert széladatok pontossága is eléri ezt a szintet, kivéve a trópusi övnek az egyenlítőtől délre eső 90° E – 130° E közötti tartományát.

Az operációk koncepciója. A magaslégköri megfigyelések elvégzésének célját szolgáló hajózási tevékenység megtervezésénél egész sor tényezőre kell figyelemmel lenni, mint pl.

- a hajók másirányú küldetései (például oceanográfiai kutatások),
- a szóbanforgó hajó fizikai adottságai,
- egyéb tápanyag-megszorítások,
- a rendelkezésre álló magaslégköri szondázó berendezés típusa,
- a sztratoszférikus megfigyelésekre vonatkozó követelmények,
- az egyéb megfigyelések (pl. WWW-állomás, repülőgép) eloszlása.

Mivel a hajók manőverezési korlátai (például a nyílt tengeren maradás lehetséges hossza) igen eltérőek, az aktívan tevékenykedő hajók száma a két SOP folyamán az idővel változni fog. Ezért a hajók felállását úgy tervezték meg, hogy a maximális megfigyelési sűrűség mindkét SOP során a középső harmine napra essen. Ez annyit jelent, hogy az összes hajó a SOP harmadik hetének az elején kezdi meg, a nyílt vízen a lehető leghosszabb ideig marad, s az észleléseket minimális kikötőben tartózkodási időszakokkal folytatja.

Kommunikáció és adatkezelés. A TWOS-hálózatban real-time és késleltetett adattovábbítást egyaránt alkalmazni fognak. Azok a hajók, amelyek radarral vagy rádiógoniométerrel vannak felszerelve, általában a fedélzeten állítják össze TEMP SHIP és PILOT jelentéseiket, azokat a parti állomásoknak továbbítják, ahol az adatok GTS-forgalmazásra kerülnek. Néhány NAVAID-szondázó hajó szintén rendelkezni fog fedélzeti feldolgozó és adattovábbító berendezéssel. Ezen kívül az összes hajó gondoskodni fog a későbbi II-b szintű adatfeldolgozás érdekében megfigyelési eredményeinek számítógépes adathordozóra viteléről; ezeket az adathordozókat később átadják a megfelelő II-b szintű adatfeldolgozó központoknak. Az egyéb adatok (pl. az oceanográfiai megfigyelések) a nemzeti csatornákon keresztül jutnak el az FGGE két központi adatbankjába (WDC-A és WDC-B).

3.2.2. *A trópusi szélmegfigyelő hajók (TWOS) FGGE Navaid szondázó rendszere*

Az FGGE-ben és annak két trópusi regionális kísérletében (a MONEX-ben és a WAMEX-ben) részt vevő trópusi szélmegfigyelő hajók (TWOS) többsége nem fog rendelkezni saját magaslégköri szondázó berendezéssel. Ezeket a hajókat azokkal a speciális magaslégköri szondázó egységekkel fogják ellátni, amelyeket a WMO Végrehajtó Bizottsága által létrehozott speciális önkéntes FGGE pénzalap terhére (néhány esetben pedig maguknak a hajót üzemeltető országoknak a finanszírozásával) a WMO szerzett be. Ezeket a speciális mérőegységeket *FGGE Navaid Sounding System*-eknek nevezik; előállítójuk a finn *Väisälä Oy.*

Az *FGGE Navaid Sounding System* ballonnal felbocsátott rádiószondákat alkalmaz, amelyek emelkedésük során veszik és ismét kisugározzák a globális OMEGA rádiónavigációs rendszer (NAVAID) jeleit. A szél iránya és sebessége az emelkedő rádiószondának a rádiónavigációs rendszer segítségével megállapított helyzetváltoztatásából határozható meg; a legnagyobb pontosság akkor érhető el, ha a megfigyelés egy legalább három OMEGA-jelet sugárzó állomás által alkotott nagy háromszögön belül történik. A szonda a konvenciális meteorológiai adatokat ugyancsak méri. A szonda által kisugárzott információkat a felbocsátó hajó fedélzetén elektronikus berendezés segítségével veszik; ezt a berendezést az alábbi két konfiguráció egyikében lehet használni:

i) Az *alaprendszer* a rádiószondáról származó adatok fogadására szolgáló vevő/regisztráló egységből áll. Ez az *A-modulnak* nevezett berendezés légkondicionált szekrényben foglal helyet. A rendszerhez ballontöltő és felbocsátó segédletek, valamint energiaforrást biztosító egységek tartoznak. A konfiguráció a legtöbb hajón könnyen elhelyezhető. A rendszer elektronikája minimális karbantartást igényel. A rendszer kezelésére a személyzet két hét alatt kiképezhető.

ii) A *komplett rendszerhez* az A-modulon kívül egy processzor *(B-modul)* is tartozik. A processzor a nyers adatokból real-time üzemmódban TEMP-táviratokat állít össze. Ez a rendszer már jólképzett operátorokat és megfelelő környezetet (stabil energiaforrást, légkondicionált helyiséget, s. i. t.) igényel.

Az FGGE fő rendszere az alaprendszer lesz; ezt később mini-komputer illesztésével ki lehet egészíteni olyan teljes operatív rendszerré, amely real-time adattovábbító egységgel is rendelkezik, s szárazföldön vagy hajófedélzeten működő aerológiai állomásnak egyaránt alkalmas.

Az FGGE során a szélmérő hajókon 26 alaprendszer fog működni, továbbá 2 komplett rendszer a MONEX-tartományban.

A rendszer által szolgáltatott megfigyelések. A hőmérséklet, a nyomás, a légnedvesség és a szél vertikális profiljának a mérésére naponta kétszer kerül sor, a tengerszinttől a 70 mb fölötti szintekig.

Az operációk koncepciója. A hajók a megfigyeléseket általában a helyi dél és éjfél körül fogják elvégezni. A nyers adatok kazettás mágnesszalagra kerülnek.

Kommunikáció és adatkezelés. A regisztrált rádiószondás adatokat tartalmazó mágnesszalag-kazettákat a hajónak a kikötőbe történt visszaérkezése után egy speciális adatfeldolgozó központba juttatják el. Ezt a központot a finn meteorológiai intézet 1977. október 1-én hozta létre az FGGE-hez történő nemzeti hozzájárulásként.

Az adatközpont fő feladata, hogy a beérkező, várhatóan 5000-nél több kazettában tárolt I. szintű adatokat standard (9-csatornás, 8000 bpi-s) mágnesszalagokra írt II-b szintű adatokká alakítsa (a többi között az OMEGA-jeleket széladatokká transzformálja), elvégezze a minőségi ellenőrzést és produktumát a megegyezés szerinti időközönként a svédországi II-b szintű adatközpontba eljuttassa.

Az a két indiai hajó, amely a MONEX-tartományban a komplett rendszerrel lesz felszerelve, TEMP-táviratait rádió útján a GTS-be küldi.

3.2.3. *A repülőgépes szélmérő dropszonda rendszer*

Egy másik speciális megfigyelő rendszer, amely szintén arra hivatott, hogy legalább az FGGE két speciális megfigyelési periódusában pótolja az egyenlítői trópusi öv óceáni tartományaiban a WWW operatív felszíni és űrbázisú megfigyelő rendszereinek a hiányosságait, a *repülőgépes szélmérő dropszonda rendszer.* A rendszert az Egyesült Államok biztosítja és üzemelteti, összhangban a trópuson működő többi speciális megfigyelő rendszer tevékenységével.

A rendszer általános leírása. A repülőgépes szélmérő dropszonda rendszer olyan ejtőernyőkkel ellátott műszercsomagokból (dropszondákból) áll, amelyekben a nyomás, a hőmérséklet és a légnedvesség mérésére tervezett szenzorok vannak elhelyezve. A szél meghatározására ennél a rendszernél is a NAVAID rádiónavigációs hálózatot használják fel, ezért a műszercsomagba az OMEGA-jelek vételére és újbóli kisugárzására szolgáló berendezést is beépítik. A dropszondák a repülőgépről fedélzeti parancsra meghatározott intervallumonként indulnak; nominális esési sebességük 25 mb/perc, ami átlagosan 5 m/sec-nak felel meg. A repülőgépek a maximális utazótávolság megtartásával konzisztens lehető legnagyobb magasságban repülnek – ez valahol a 200 és a 400 mb-os szint között van.

Miközben a szonda esik, a felfogott OMEGA-jeleket a meteorológiai szenzorok által szolgáltatott jelekkel együtt visszasugározza a repülőgépre. A repülőgép fedélzetén ezek az adatok rögzítődnek, illetve a standard szintek nyomását, hőmérsékletét, légnedvességét és széladatait tartalmazó TEMP DROP-kóddá processzálódnak. A táviratok kisugárzása a földi állomás számára közel real-time módban történik, s a GTS-ben kerül forgalmazásra. Ezen kívül a repülés után az összes regisztrált információ feldolgozásra kerül: azokat II-b szintű adatokká alakítják. Ugyanilyen eljárás alá esnek a repülési szintben nyert adatok is.

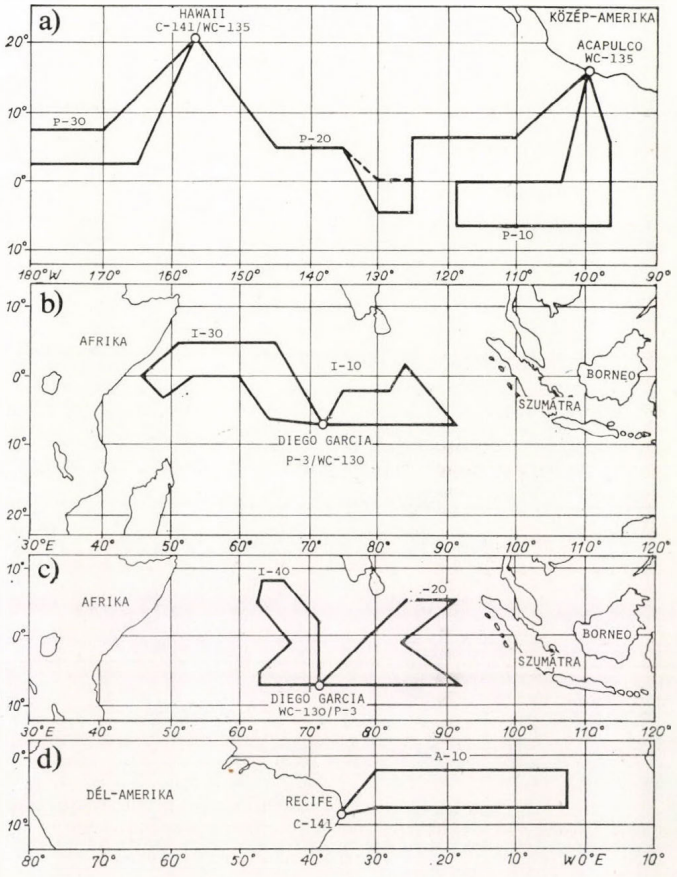
Az FGGE idején a globális OMEGA rádiónavigációs hálózat hét állomásból fog állni. Minden állomás, egymást követően, a 13,6 KHz közös frekvencián egy tíz másodpercig tartó jelet sugároz ki. A dropszonda pozíciója a bármelyik két kisugárzó állomásról felfogott OMEGA-jelek fáziseltéréseinek a méréséből számítható ki. A két rádiónavigációs állomásról származó jelek közötti adott fáziskülönbség mozgásdiagramja egy parabola alakú ún. pozíció-vonalat ír le. A rádiónavigációs állomások két párjáról (egy állomás mindkét párban közös lehet) származó pozíció-vonalak metszéspontja a dropszonda pozícióját, a pozíció időbeli változása pedig természetszerűleg a szonda sebességét határozza meg.

Az OMEGA-jeleket, valamint a szenzorokról jövő meteorológiai paraméter-jeleket a szonda 400 – 406 MHz közötti frekvenciájú jellé modulálja és a repülőgépre sugározza. A repülőgép kommunikációs rendszerébe három, a szonda-jelek vételére szolgáló vevő van beépítve, amelyek a 400 – 406 MHz frekvenciájú sáv különböző frekvenciáira vannak hangolva. A berendezés konstrukciója olyan, hogy egyidejűleg három dropszonda jeleinek a vételére és processzálására alkalmas.

A rendszer által szolgáltatott megfigyelések. A dropszonda-rendszer a vertikális szélprofilt 50 mb-ral a repülési szint alatt kezdi mérni (e szint fölött az adatok megbízhatatlanok, mivel idő kell ahhoz, hogy a műszercsomag stabilizálódjon és fogja az OMEGA-jeleket), és a tenger szintje fölött 300 m-rel fejezi be. A termodinamikai adatok mérése 500 m-rel a repülési szint alatt kezdődik és a tengerszintig tart.

A dropszonda rendszer által szolgáltatott paraméterek (és azok várható pontossága) a következők: nyomás (± 2 mb), hőmérséklet (± 0,5°), a levegő nedvességtartalma (a hőmérséklettől függően változó pontossággal) és a szél (általában 1 – 2 m/sec).

Az operációk koncepciója. Az FGGE két speciális megfigyelési periódusa során naponta egy berepülés végrehajtására kerül majd sor, az *5. ábrán* bemutatott útvonalakon. Azok a repülőgépek, amelyek Acapulco (Mexikó), Honolulu (Hawaii) és Recife (Brazília) repülőterén állomásoznak, átlagosan 11 000 m magasságban fognak repülni, utazótávolságuk körülbelül 8000 km lesz. Az Indiai-óceán Diego Garcia szigetén állomásozó



5. ábra: A dropszondákat indító repülőgépek tervezett útvonala: (*a*) a Csendes-óceán térségében a SOP—I és a SOP—II során, (*b*) az Indiai-óceán térségében a SOP—I során, (c) Indiai-ócán térségében a SOP—II során és (*d*) az Atlanti-óceán térségében a SOP—I és a SOP—II során

repülőgépek tervezett átlagos repülési magassága 9000 m, utazótávolsága pedig 6500 km. A válogatott útvonalak mentén a dropszondák indítása kb. 350 km-es intervallumonként történik.

A dropszonda program a SOP – I során 1979. január 15-én, a SOP – II során pedig május 10-én kezdődik, és mindkét esetben 30 egymást követő napon át tart. Az előre megtervezett útvonalak és alternatív útvonalak kijelölésére a maximális adatfedettség elérésének szem előtt tartásával kerül sor. A berepülések mindig nappal történnek, olyan indulási menetrenddel, hogy a repülőgép a tervezett útvonal feléhez a helyi dél körül érkezzen.

Kommunikáció és adatkezelés. A dropszonda, mint már említettük, úgy lett megtervezve, hogy a szonda süllyedése során mért adatokat real-time módban processzálja, s ezzel egyidejűleg kazettás mágnesszalagokra írja. A mágnesszalagos adatok feldolgozására a repülés után, nagyteljesítményű számítógépen kerül sor. A real-time adatokból a repülőgép fedélzetén manuálisan TEMP DROP-kódot állítanak össze, s amikor a gép

egy nagyfrekvenciájú földi állomás körzetébe érkezik, a kódot a GTS számára kisugározzák. A becslések szerint így a megfigyeléseknek mintegy a fele kerül real-time forgalmazásra.

Mindkét speciális megfigyelési periódus után a mágnesszalagokat a dropszondás repülőgépek visszaszállítják az Egyesült Államokba. Az adatok értékelését és II-b szintű paraméterekké alakítását az NCAR *(National Center for Atmospheric Research,* Boulder, Colorado, USA) fogja elvégezni. Ezt követően az anyag a Norrköping-i adatközpontba kerül.

3.2.4. *A trópusi aerosztát rendszer (TCLBS)*

A trópusi aerosztát rendszer *(Tropical Constant Level Balloon System* – TCLBS) a trópusi magassági szélmérő rendszereknek az a csoportja, amely a repülőgépes szélmérő dropszonda rendszert hivatott kiegészíteni. A dropszonda rendszer ugyan biztosít adatokat a trópusi óceánoknak azokról a területeiről, ahol szigeti állomások nincsenek és speciálisan műszerzett hajók sem működnek, ennél a rendszernél azonban, mint láttuk, eleve korlátozott a mérések felső határa. Ezért a TCLBS elsődleges célja, hogy a felső troposzférából (a 15 km-es szint közeléből) szolgáltassa azokat a ballon-trajektóriákat, amelyekből következtetni lehet az áramlási mező ottani képére.

A teljes aerosztát rendszer Franciaország és az Egyesült Államok közreműködésével alakul ki.

A rendszer általános leírása. A trópusi aerosztát rendszer három fő részből áll, ezek: *a)* a ballon platform, *b)* a TIROS-N *Argos* adatgyűjtő és platform lokalizáló rendszer és *c)* a földi adatfeldolgozó rendszer. A ballonok a 0,225 kg/m³ értékű konstans sűrűségű felületen (a 140 mb-os szintnek megfelelő nominális magasságban) helyeződnek át. Amikor a poláris pályán keringő TIROS-N műhold áthalad a ballon látósugarán, a műhold fedélzetén elhelyezett *Argos* adatgyűjtő és platform-lokalizáló rendszer veszi azokat a a ballonról kisugárzott jeleket, amelyek a ballon pozícióját és repülési szintjének hőmérsékletét jelzik. Ezeket az információkat azután a földi telemetrikus állomások egyike lekérdezi, s a CNES-ben *(Centre National d'Études Spatiales:* francia űrkutatási hivatal) azokból, illetve a szekvenciális ballonpozíciókból előállítják a szint hőmérsékleti és áramlási mezejét.

A ballon platform. Az aerosztát-együttes vázlatos rajzát a *6. ábra* mutatja be. Maga a ballon egy bilaminált (kétréteges) túlnyomásos, 4,15 m átmérőjű (37,42 m³-es) poliészter-gömb. A ballont a felbocsátás helyén héliummal töltik meg; elengedés után a ballon kb. 90 perc alatt emelkedik fel lebegési magasságának a szintjére. A ballon kétréteges kivitelezése meggátolja azt, hogy a hélium az apró likakon át elszivárogjon: a ballon hat hónapon keresztül is képes lebegési szintjét megőrizni. A ballonra függesztett 80 m hosszú műszer-szerelvény rendre az éjszakai működést szolgáló telepek feltöltését végző napelemekből, a szerelvény egységeinek zuhanását fékező ejtőernyőből, egy antennából, egy információs csomagból és a hőmérséklet-érzékelőből áll.

A szerelvény egységei akkor kezdenek zuhanni, ha azokat egy automatikusan működésbe lépő elválasztó rendszer a ballontól elvágja. Ez a rendszer két esetben kezd működni: 1. ha a platform észak felé átlépi a Föld mágneses mezeje vertikális komponensének azt a fluxus-sűrűség szintjét, amelyet a trópusok északi határaként definiáltak; 2. ha a repülési magasság kisebb lesz 14 000 m-nél (a nyomás 140 mb fölé emelkedik). A platformon két szenzor – egy nyomásmérő és egy magnetométer – érzékeli a környezetet, s határozza meg, hogy mikor kell a ballont elválasztani. Az elválasztás oly módon történik, hogy a kritikus pillanatban egy szerkezet meggyújtja a ballont a műszer-szerelvénnyel összekötő nylon-kötelet. A műszer-szerelvény az ejtőernyővel leereszkedik, a ballon pedig felemelkedik és elpukkan.

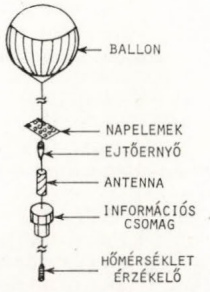
A rendszernek dél felé történő túlzott eltérésétől nem kell tartani, mivel a déli hemiszférában a repülés adott izopiknikus felületét végülis metszeni fogja a kritikus izobárfelület.

A rendszer veszélytelen a repülőgépes forgalomra. Az előírások 1814 g-nál kisebb súlyú személyzet nélküli szabad ballonok alkalmazását engedik, márpedig a TCLBS egyik egységének a súlya sem haladja meg az 1800 g-ot. Ezen kívül a 15 km-es lebegő-magasság a kereskedelmi jet-gépek hajózó-magassága fölött és a szuperszónikus jet-gépek hajózómagassága alatt van.

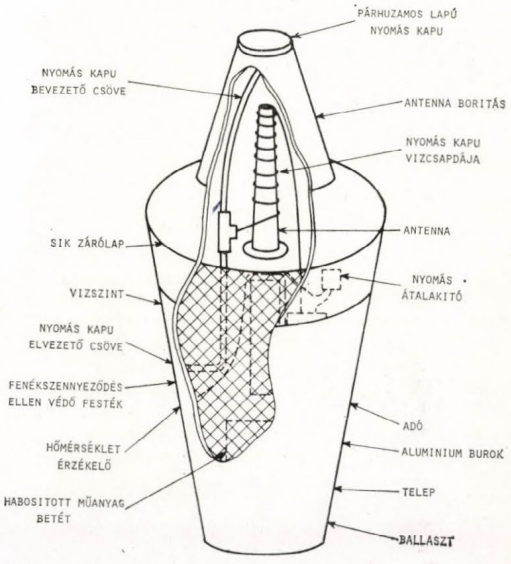
Az Argos adatgyűjtő és platform-lokalizáló rendszer. Ez a rendszer a poláris pályán keringő TIROS-N és a NOAA-A műholdak fedélzetén van elhelyezve. A ballon-platformok ezektől függetlenül sugározzák ki a mért információkat, azaz nem a műhold berendezése kérdez le – ezt más megfogalmazásban úgy szokták mondani, hogy az *Argos* véletlen hozzáférésű vevőrendszer. Az adatgyűjtő és platform-lokalizáló rendszer veszi a ballon-

platform adójának vivő-frekvencia jeleit, regisztrálja a mérés időpontját és demodulálja a platform identifikációs és szenzor adatait. Ezek az információk a műhold regisztráló egységében rendeződnek és tárolódnak mindaddig, amíg az egyik földi telemetrikus állomás le nem kérdezi azokat. A lekérdezések normál időintervalluma minden műholdra 101 perc.

A földi adatfeldolgozó rendszer. A műholdakon tárolt aerosztát-információt két telemetrikus állomás (Wallops Island, Virginia és Gilmore Creek, Alaszka) kérdezi le. Onnan az adatokat a NESS-be (Suitland, Maryland) sugározzák, ahol az Argos-adatokat szeparálják a távmérés többi komponenseitől, s azokat a CNES-be (Toulouse, Franciaország) továbbítják. Az adatfeldolgozást a CNES végzi: kiszámítja a platform pozícióját, az aerosztát áthelyeződési sebességét és dekódolja a szenzor-adatokat.



6. ábra: FGGE-aerosztát vázlatos rajza



7. ábra: Tipikus FGGE-bója vázlatos rajza

A rendszer által szolgáltatott megfigyelések. A ballon platform a lebegési szinten szélvektorokat és hőmérsékleti adatokat generál. A mért hőmérsékletekből és a tervezett lebegési sűrűségi szint értékéből az állapotegyenlet alapján a lebegési szint nyomásértékei kiszámíthatók. Az elismert mérési pontosság a ballon pozíciójára 5 km, a szélre 1,5 m/sec, a hőmérsékletre (a -40 és a -80 fok közötti intervallumban) 0,7°, a nyomásra pedig 3 mb.

Ha az *Argos-rendszert* két műholdon helyezik el, minden egyes ballon-platform 24 óránként négy szél és hőmérséklet mérésre alkalmas.

Az operációk koncepciója. Az FGGE két speciális megfigyelési periódusában végzendő mérésekhez összesen 320 ballon platform áll rendelkezésre. Ezeket a Csendes-óceán polinéziai szigetvilágához tartozó Canton-szigetről (2°46' S, 171°43' W) és az Atlanti-óceánban a Guineai-öböltől délnyugatra fekvő Ascension-szigetről (7°58' S, 14°24' W) fogják indítani. A rendelkezésre álló ballon-kontingenst egyenlő arányban osztják el a két indítóállomás és a két speciális megfigyelési periódus között. Ilyenformán az állomások $80-80$ aerosztátot fognak indítani mindkét SOP számára a következő terv szerint. A SOP-ok harminc napos intenzív megfigyelési periódusai előtt néhány nappal az állomások határás nominális időintervallumonként kezdik az aerosztátok indítását. Ezt a menetrendet néhány előre nem látható esemény módosíthatja; ilyen például *a)* a rendszerrel kapcsolatos nagyobb hiba, amely az egész projekt megváltoztatását igényli; *b)* szignifikáns platform-veszteség amiatt, hogy a ballonok erősen eltérnek valamelyik hemiszféra magas földrajzi szélességei felé.

Az ilyen jellegű problémák csökkenthetik az indítás gyakoriságát. Akárhogy is

alakulnak azonban majd a körülmények, 24 órán belül négynél több aerosztát indítására semmiképpen nem kerül sor.

A korábban végrehajtott aerosztát-kísérletek – például az EOLE (1971–1972) és a TWERLE (1975) – szerint az indítások fentebb vázolt menetrendje általában biztosítani fogja, hogy az aerosztátok egységes és jó megfigyelési fedettséget adjanak a két SOP intenzív megfigyelési periódusában. A becslések szerint mindkét SOP során legalább 100 aerosztát fog hasznosan üzemelni. Mindazonáltal bizonyára lesznek területek, ahol az óceáni felső-troposzférikus teknők konvergenciájának hatására az aerosztátok csoportosulni fognak, s vidékek, ahol viszont a ballonok divergálása miatt a mérések hiányosaknak bizonyulnak.

Kommunikáció és adatkezelés. Real-time adatok. A műholdas lekérdezést és az adatok korlátozott mértékű pre-processzálását a NESS elvégzi, mielőtt a TCLBS-adatokat a CNES-nek kisugározná. A CNES-ben a *Service Argos* az adatokat szél és hőmérséklet adatokká alakítja. Ezeket azután meteorológiai jelentésekké kódolják és a GTS-en forgalmazzák.

Késleltetett adatok. Jelenleg még folynak a tárgyalások arról a javaslatról, hogy a CNES a teljes TCLBS adat-archívumot az NCAR-nak továbbítsa késleltetett jellegű feldolgozásra. Az NCAR-ban az adatfeldolgozás teljes minőség-ellenőrzéssel is párosulna, majd az így előálló végleges adatállomány kerülne a Norrköping-i adatközpontba.

3.2.5. *A déli hemiszféra sodródó bója rendszere*

Az FGGE célkitűzései a meteorológiai adatok ésszerűen egyenletes globális fedettségét követelik meg. Ezt a követelményt különösen a déli hemiszféra hatalmas óceánjainak a területén nehéz kielégíteni, amelynek a nagy részén hajózási útvonalak sem vezetnek keresztül. Ezekről az óceáni vidékekről a legpraktikusabb adatszerzési módszernek két technika kombinációja látszik; a *műholdas megfigyeléseké*, amelyek vertikális profilokat, valamint – az alacsonyabb földrajzi szélességeken – széladatokat szolgáltatnak, és a *bója-állomások hálózatáé*, amely a felszínről légnyomás és vízhőmérséklet megfigyeléseket szolgáltat. Ezek a bóják – amelyek lehetnek sodródóak és rögzítettek egyaránt – adataikat műholdak segítségével továbbíthatják, s így azok időben rendelkezésre állnak az operatív felhasználás céljaira, valamint a későbbi kutatási igények számára történő archiválásra. A bóják kicsiny méretére és egyszerűségére ügyelve lehetővé válik, hogy telepítésüket az a néhány hajó végezze el, amely különben is a déli félgömb óceánjain teljesít szolgálatot. Ha a telepítés helyeit és időpontjait sikerül alkalmasan megválasztani, a bóják egy része elsodródik a legtöbb olyan tartományba, ahová hajók nem járnak.

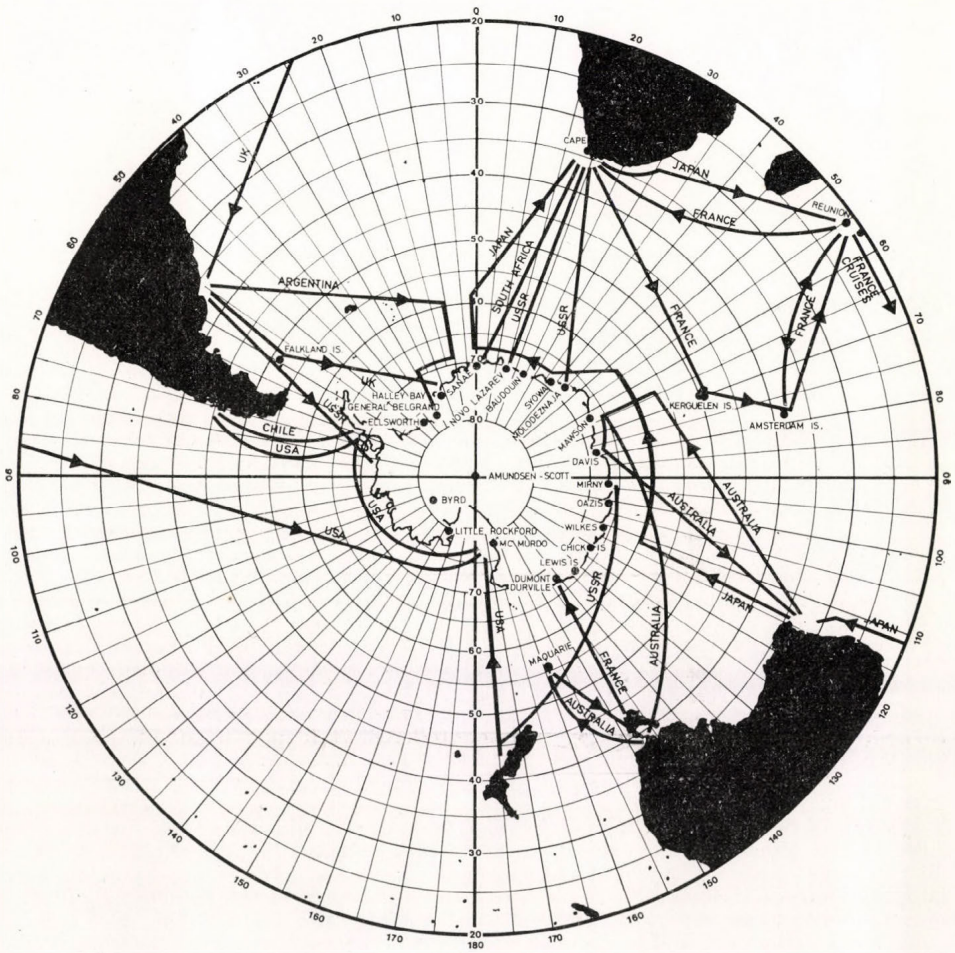
A rendszer általános leírása. Noha az FGGE számára a bójákat több ország (Kanada, Norvégia, Franciaország, Ausztrália és az Egyesült Államok) tervezi és állítja elő, azok fő funkciói hasonlóak. A bóják 2–4 méter magasak és mintegy 100 kg súlyúak *(7. ábra)*. Telepítésüket gyakorlatlan személyzet is el tudja végezni, anélkül hogy a hajót meg kellene állítani. A bóják elektronikájának a meteorológiai érzékelőkkel együtt az alábbi követelményeket kell kielégíteniök:

	légnyomás	*felszíni vízhőmérséklet*
minimális mérési tartomány	920 – 1048 mb	–5 C° – 35 C°
maximális pontosság	± 1,0 mb	±1,0 C°
maximális felbontás	0,5 mb	0,2 C°

A bója helyzetének meghatározása a bója adójának vivő frekvenciájában mért Doppler-eltolódáson alapszik; ezt a mérést a TIROS-N és NOAA-A poláris pályájú műholdakra telepített *Argos-rendszer* hajtja végre. A mérés egy kúpot ad meg, amelyen a kisugárzó bóját lokalizálni kell. A kúp nyílásszöge a Doppler-eltolódás függvénye. A bója a jelek kisugárzását 40–60 másodpercenként ismétli; a Doppler-mérésre mindannyiszor sor kerül, valahányszor a műhold fedélzetén az *Argos-rendszer* veszi ezeket a jeleket. A feldolgozás folyamán legalább öt mérést kell alapul venni ahhoz, hogy az egymást követő kúpok keresztmetszeteinek statisztikai analíziséből a bója lokalizálása megtörténhessék.

Amennyiben egyidejűleg két műhold-átvonulás áll rendelkezésre, a helymeghatározás pontossága kb. 3 km. Ha a Doppler-mérés adatai csak egy műhold-átvonulásból származnak, akkor a pontosság természetszerűleg valamivel kisebb. Ez utóbbi esetben a bójára két alternatív pozíció adódik; ezek a műhold talppont-pályájára szimmetrikusan a két oldalon helyezkednek el. A helyes megoldás a bója korábbi pozíciója alapján választható ki.

Ahhoz, hogy egy bója helyzete explicite meghatározható legyen, a lokalizálást vagy ugyanannak a műholdnak két egymást követő átvonulása, vagy két műholdnak két átvonulása során nyert adatokból kell számítani. A két átvonulás közötti időkülönbségnek mindig kevesebbnek kell lennie 3 óránál, de többnek 30 percnél.



8. ábra: Az Antarktisz kutatóállomásaira utánpótlást szállító hajók útvonala

A bója-rendszer által szolgáltatott megfigyelések. A sodródó bóják telepítésére – többékevésbé egyenletes elrendeződésben – a déli hemiszféra óceánjain kerül sor, a 20 fokos déli szélességi körtől délre; a bóják egymástól mért átlagos távolsága kisebb lesz 1000 km-nél. Az FGGE idejére több mint 300 bója áll majd rendelkezésre. Kihelyezésük 1978 őszén kezdődik el és egészen 1979 júniusáig tart, noha követelmény, hogy az első speciális megfigyelési periódus kezdetére (1979. január 5.) körülbelül 200 bója már a helyén legyen. Minthogy egy tipikus bója élettartama meghaladja a hat hónapot, néhány bója még 1979 végén is fog adatokat továbbítani.

Az összes sodródó bója méri a légköri nyomást a tenger felszínének a közelében és a tengervíz hőmérsékletét a felső 1–2 m-es réteg valamely pontjában. Néhány bója egyéb paraméterek mérésére is alkalmas lesz; ilyenek a levegő hőmérséklete, a tengervíz hőmérséklete más mélységekben, vagy a szél sebessége. A bóják némelyikét felszerelik a szél által előidézett sodródás fékezésére szolgáló úszóhorgonyokkal, így ezek a bóják felhasználhatók

a tengeráramlások irányának és sebességének a becslésére is. A legtöbb bóját ellátják olyan berendezéssel, amely alkalmas a műszerek állapotának, illetve a szenzorok hibájának a becslésére vonatkozó adatok kisugárzására – ilyen adat például a telepek feszültsége, a nyomásmérő szenzor hőmérséklete, vagy az a jel, amely arra utal, hogy az úszóhorgony a bójához van-e még kapcsolódva.

Az adatoknak a bójákról történő összegyűjtése az *Argos-rendszeren* keresztül TIROS-N és NOAA-A műholdak segítségével történik majd. Ezek a mesterséges holdak napszinkron poláris pályán keringő műholdak (inklinációjuk 98°, keringési idejük 100 perc), repülési magasságuk pedig kb. 800 km. Ennek megfelelően a műhold egy adott időpillanatban egy kb. 5000 km-es átmérőjű földfelületet lát be, két egymást követő műhold-talppálya egymástól mért távolsága pedig az egyenlítő mentén 25 hosszúsági fok (2800 km). Ez a távolság a növekvő földrajzi szélességgel természetszerűleg csökken, s a 82° szélességen a talppálya metszi az előző körülfordulás talppályáját. Ilyenformán a poláris tartományokban elhelyezkedő bójákról gyakrabban lehet majd adatokat venni, mint a trópusi vizeken úszó bójákról. A 20° S – 65° S övben bójánként körülbelül napi 6 – 12 megfigyelés lesz nyerhető.

Az *Argos-rendszer*, mint már említettük, a véletlen hozzáférés elvén alapszik: minden egyes platform minden 40 – 60 másodpercben egy 320 – 960 msec tartamú üzenetet sugároz ki, ami az identifikációt és a szenzor-értékeket tartalmazza. A műholdak bármelyike, amelyik a platform horizontja fölött van, venni és regisztrálni tudja ezeket az üzeneteket. A műholdakról az adatok lekérdezése az USA területén elhelyezkedő speciális földi vevőállomások (Wallops Island, Virginia és Gilmore Creek, Alaszka) valamelyikén történik. A vett adatok ezekről az állomásokról real-time üzemmódban a NESS-be (Suitland, Maryland), onnan pedig a franciaországi Toulouse-ba jutnak az *Argos-központ* számára.

Az operációk koncepciója. A bóják telepítését az Antarktisz kutatóállomásaira utánpótlást szállító hajók *(8. ábra)*, továbbá kereskedelmi és hadihajók fogják végrehajtani; néhány sziget ugyancsak felhasználható telepítés céljára. A szervező testület számos országgal érintkezésbe lépett és kérte közreműködésüket a bója telepítésben. Több mint tíz ország válasza volt pozitív, s ezzel több mint 35 hajó vált számításba vehetővé a bójarendszer céljaira. Ez a hajóállomány a néhány szigettel együtt már lehetővé teszi az összes FGGE-bója ésszerű elhelyezését. A telepítés előzetes tervét 1977 augusztusára elkészítették. A bóják közelítő elrendeződését a két speciális megfigyelési periódusban a *9. ábra* mutatja be.

Kommunikáció és adatkezelés. A nyers adatokat meteorológiai üzenetekké az *Argos-központ* fogja feldolgozni. Az Argos-központ speciális szelekciós eljárást dolgozott ki abból a célból, hogy a legreprezentatívabb adatok a GTS-en történő továbbításra real time-ban rendelkezésre álljanak. A GTS-en bójánként minimum napi négy megfigyelés kerül továbbításra. Kutatási célokra speciális adatállományt fognak készíteni. Ezek a II-b szintű adatok az összes meglevő megfigyeléseket tartalmazzák.

Az *Argos-központ* naponta listázni fogja minden bója helyét és szenzor-értékeit. A bóják helyét hetenként térképre rajzolják, az összes pozíció és szenzor értékeket pedig havonta mikrofilmre viszik. Mindezeket az adatokat, valamint a real time-ban forgalmazott adatok felhasználóitól érkező észrevételeket felhasználja munkájában az Argos-központ adatkontroll egységének személyzete. Ez a személyzet fogja szükség esetén korrigálni a megfigyeléseket, hogy a lehető legjobb II-b szintű adatállományt alakítsák ki.

A bója-rendszer terveinek megvalósítására nemzetközi koordinációs mechanizmust építettek ki. Mindazonáltal a terv az, hogy ez a szervezet a bóják beszerzésére, telepítésére és ellenőrzésére vonatkozó különböző nemzeti programokból a lehető legtöbbet felhasználja.

3.3. *Járulékos megfigyelő rendszerek*

Az FGGE összetett megfigyelő rendszere az operatív WWW-re támaszkodó alap megfigyelő rendszeren és a speciális megfigyelő rendszereken kívül kiegészül egy sor olyan *járulékos megfigyelő rendszerrel*, amely nagymértékben javítja a globális kísérlet programjának teljesítményét. E járulékos megfigyelő rendszerek közül mi az alábbiakban csak a két legfontosabbal foglalkozunk: a *kutató műholdakkal* és a *repülőgépes integrált adatrendszerrel.*

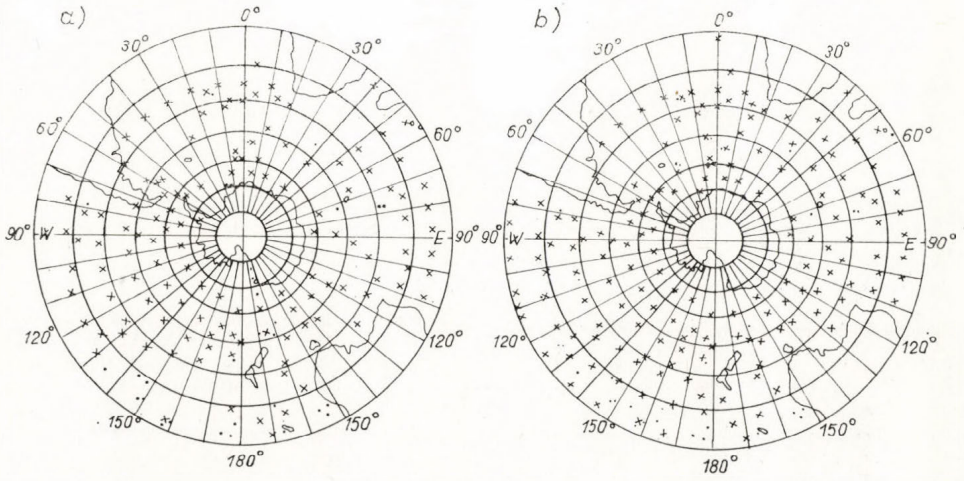
3.3.1. *Kutató műholdak*

Az FGGE operatív évének idejére az Egyesült Államok két kutató műhold pályára juttatását tervezi: a Nimbus-G műholdat és a SEASAT-A műholdat. Ha mindkét fellövés

sikerül és a földi telemetrikus hálózat a terveknek megfelelően működik, akkor ez a két mesterséges hold fontos II-szintű adatokkal egészítheti ki az FGGE adatarchívumát.

A Nimbus-G műhold a legújabb tagja lesz annak a Nimbus-sorozatnak, amelyet a NASA fejlesztett ki és juttatott pályára. Az ezekre a kutató műholdakra telepített műszerek a prototípusai a későbbi operatív műszereknek.

A SEASAT-A az első tagja annak a tervezett műholdsorozatnak, amelyet kifejezetten a világ óceánjainak felderítésére és tanulmányozására fejlesztettek ki, s amelyet mind aktív, mind pedig passzív mikrohullámú szenzorokkal felszerelnek, hogy az időjárás mind több eleméről információt tudjon gyűjteni. Ezt a programot ugyancsak a NASA irányítja.



9. ábra: Az FGGE-bóják közelítő elrendeződése a déli hemiszféra óceánjain. (*a*) a SOP—I során, (*b*) a SOP—II során

(A) *A Nimbus-G műhold*

A műhold által szolgáltatott megfigyelések. A Nimbus-G meteorológiai mesterséges hold fedélzeti műszerezettsége olyan, hogy a mérésekből az alábbi típusú adatok vezethetők le: *a)* a Föld sugárzás háztartásának komponensei mind a szinoptikus, mind pedig a planetáris skálán; *b)* ózon-eloszlás és teljes ózon-tartalom; *c)* óceán-felszíni és légköri paraméterek, mint például: tengerjég-fedettség, tengerfelszín hőmérsékletek, óceán-felszíni szélsebességek, teljes légköri vízgőz-tartalom, csapadék-intenzitás az óceáni területeken.

Az operációk koncepciója. A Nimbus-G műholdat 1978 második felében fogják fellőni kvázi-poláris napszinkron pályára, 955 km-es pályamagasságba, lokális dél/éjfél időpontú egyenlítői átvonulással. Néhány szenzor esetében három nap szükséges ahhoz, hogy a méréseket az egész földgömbre vonatkozóan végrehajtsa. A műhold energiaforrásának korlátozottsága miatt azonban egyidejűleg soha nem fog az összes szenzor működni. Ilyenformán információközlés csak akkor várható, ha a mérések ténylegesen rendelkezésre állnak.

Kommunikáció és adatkezelés. A műholdról az adatokat két földi állomás (Fairbanks, Alaszka és Rosman, North Carolina) kérdezi le, s továbbítja majd a *NASA/Goddard Space Flight Center* meteorológiai adatkezelő rendszerébe. Ott előállítják a megfelelő II-szintű adatokat és mágnesszalagon elküldik a Norrköping-i adatközpontba. Tervezik, hogy néhány paraméter II-es szintű adatként is gyűjtésre kerül.

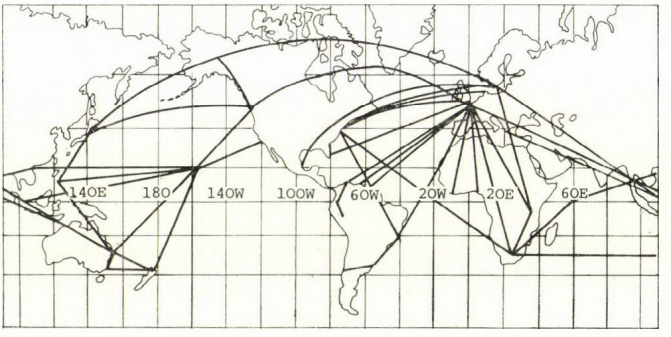
(B) *A SEASAT-A műhold*

A műhold által szolgáltatott megfigyelések. A SEASAT-A mesterséges hold az első tagja az elsődlegesen oceanográfiai adatok gyűjtésére tervezett műholdsorozatnak. Az FGGE operatív évére már rendelkezésre állónak tervezett adatok a következők: a szél iránya és

sebessége az óceán felszínénél, a poláris jégtakaró kiterjedése, a tengerfelszín hőmérséklete, a légkör vízgőztartalma és a csapadék intenzitása az óceánok fölött.

Az operációk koncepciója. A SEASAT-A műhold fellövésére 1978 júniusában került sor, nem-napszinkron, 795 km magasságban fekvő pályára, amelynek inklinációja 108° (retrográd). Az FGGE céljait szolgáló szenzoroknak közel 36 óra szükséges ahhoz, hogy a földfelszín 95%-át a 75° N – 75° S közötti tartományban lefedje. A szenzorokat állandó működésre tervezték.

Kommunikáció és adatkezelés. A megfelelő II-szintű adatok mágnesszalagon, szabványos formátumban kerülnek el a Norrköping-i adatközpontba. Ennél a műholdnál is tervezik, hogy néhány paraméter II-c szintű adatként szintén forgalmazásra kerül.



10. ábra: Az AIDS-berendezéssel felszerelt repülőgépek nemzetközi útvonalai

3.3.2. *A repülőgépes integrált adat rendszer (AIDS)*

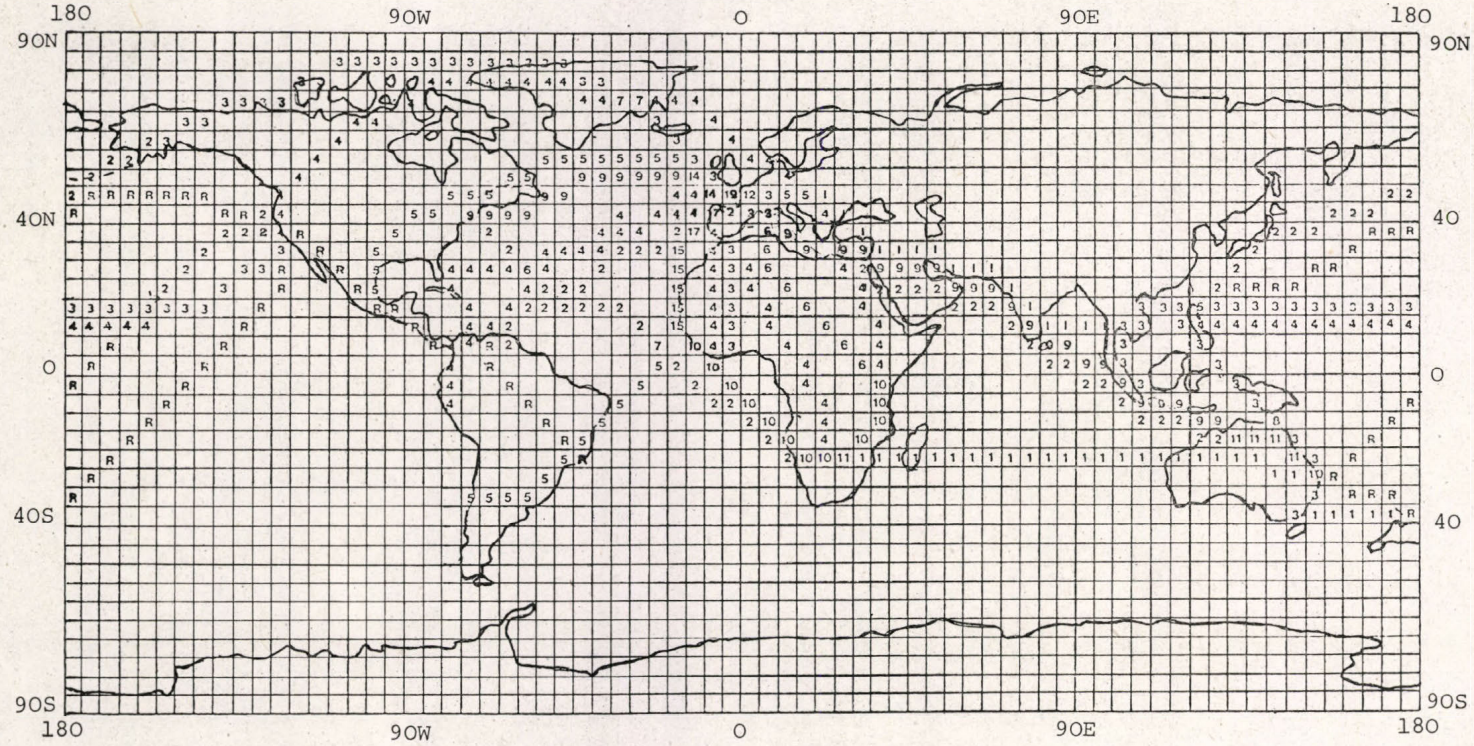
A repülőgépes integrált adat rendszer (*Aircraft Integrated Data System* – AIDS) programjának a célja az, hogy az FGGE számára az operatív év teljes hosszában felhasználhatóvá váljanak a trópusok és a déli hemiszféra területéről, valamint más adatszegény tartományokból mindazok az *in situ* meteorológiai adatok, amelyeket a nemzeti légitársaságok speciálisan műszerezett repülőgépei menetrendszerű járataik során szolgáltatni tudnak.

A rendszer általános leírása. Jelenleg több mint 400 nemzetközi útvonalon közlekedő kereskedelmi sugárhajtásos repülőgép van felszerelve olyan *inerciális navigációs rendszerrel* (INS), amely képes a szél irányát és sebességét, valamint a repülőgép pozícióját nagy pontossággal teljesen automatikusan meghatározni. A DC – 10 és B – 747 típusú repülőgépeken az INS output-ja, valamint a repülőgép saját számítóközpontja (ADC) közvetítésével érkező hőmérséklet és repülési magasság adatok a pilótafülke digitális display-én jelennek meg, amelyekből a személyzet össze tudja állítani a standard AIREP-jelentéseket. E repülőgépek közül mintegy 80 el van látva adatfeldolgozó és tároló rendszerrel: ún. AIDS-el.

Ez a rendszer – amelyet a légitársaságok a repülés végrehajtására vonatkozó operatív adatok gyűjtésére használnak – lehetővé teszi a repülőgépes paraméterek százainak az automatikus fedélzeti rögzítését, köztük az INS és az ADC által szolgáltatott adatokét is. Az AIDS – INS kombináció több mint 75 repülőgépről általánosan hozzáférhető, ami azt jelenti, hogy a trópusokon és a déli hemiszférában a kereskedelmi légiforgalom segítségével az áramlási mezőnek és a hőmérsékleti mezőnek a felbontása jelentékenyen megnövelhető.

A rendszer által szolgáltatott megfigyelések. Az AIDS-méréseket a repülőgépek a fel- és leszállás folyamán általában 4 másodperces időközönként, a repülés során pedig 400 másodperces időközönként végzik. Az FGGE részére az adatok az AIDS-regisztrátumokból 800 másodperces intervallumonként lesznek szelektálva, ami kb. 200 kilométeres felbontást tesz lehetővé. A globális útvonalakon (*10. ábra*) közlekedő, mintegy 80 repülőgépből álló AIDS-flotta a tervek szerint naponta 2500 – 3000 meteorológiai jelentést fog szolgáltatni; ennek területi eloszlását a *11. ábra* mutatja be.

Az a magasság, ahonnan az AIDS-adatok származnak majd, több tényezőtől függ;



11. ábra: Az AIDS-flotta által naponta szolgáltatott meteorológiai jelentések átlagos számának területi eloszlása (R = naponta egy jelentésnél kevesebb)

ezek között az egyik legfontosabb az egyes útvonalak repülőgépes forgalmi elrendeződése. Általában az adatok a 9 és a 13 km közötti rétegből állnak majd rendelkezésre, de a B – 747 SP repülőgépek maximális repülési magassága 15 km, az AIDS-el felszerelt Concorde repülőgépeké pedig eléri a 20 km-t.

Az AIDS-adatok elfogadott pontossága a következő: földrajzi hosszúság és szélesség: 5 km, idő: 30 sec, magasság: 12 m, hőmérséklet: 1,5 fok, szélsebesség: 1,5m/sec.

Az operációk koncepciója. Jelenleg 78 AIDS-berendezéssel felszerelt repülőgép közlekedik; ezeknek államonkénti megoszlásáról a *III. táblázat* ad képet. A repülési útvonalon az AIDS-berendezés automatikusan meteorológiai megfigyeléseket regisztrál.

III. TÁBLÁZAT

AIDS-berendezéssel felszerelt repülőgépek államonkénti eloszlása

Állam	*Nemzeti légitársaság*	*AIDS-repülőgépek száma*
Ausztrália	Qantas	1
Dánia/Norvégia/Svédország	SAS	8
Indonézia	Garuda	3
Hollandia	KLM	20
Fülöp-szigetek	Philippine Airlines	3
Svájc	Swissair	11
Thaiföld	Thai International	2
Egyesült Királyság	British Airways	14*
Egyesült Államok	TWA, Pan Am, United Airlines	13
Venezuela	Viasa	3

*közöttük 5 Concorde típusú repülőgép

Kommunikáció és adatkezelés. A mágnesszalagok ez egyes repülőgépes adatfeldolgozó központokból egy speciális adatközpontba (De Bilt, Hollandia) kerülnek további processzszálás céljából. Innen azután a szalagokat Norrköping-be továbbítják. Ha az adatokkal bármiféle probléma merülne fel, Hollandia értesíteni fogja a repülőgéphez illetékes nemzeti meteorológiai szolgálatot.

Jelen számunkból az IRODALOM anyagtorlódás folytán kimaradt.

KRÓNIKA

ÉGHAJLATI VILÁGKONFERENCIA

(Genf, 1979. február 12—23)

A Meteorológiai Világszervezet (WMO) e nagyszabású nemzetközi üléssorozatának *Szakértői konferencia az éghajlat és emberiségről*" címet adta. Sok tudományos és szakmai értekezletet tartottak már az éghajlat fizikai és geofizikai vonatkozásairól, de az eddigiektől eltérően az Éghajlati Világkonferencia megkísérli, határozott formában felmérni az éghajlat tudományának mai állását abból a célból, hogy az éghajlati ismereteket más tudományágak ismeretanyagával összeötvözve, elősegítse azoknak a hatásoknak mélyebb megértését, amelyeket az éghajlat változásai és változékonysága fejt ki az ember tevékenységére és környezetére.

Több tényező is indokolja, hogy a Meteorológiai Világszervezet az ENSZ egyéb szakosított szervezeteivel karöltve hívja össze ezt a szakértői konferenciát. Egyrészt azért, mert világszerte növekvő aggodalom tapasztalható amiatt, hogy az éghajlat természetes változásai sokszor károsan hatnak az élelmiszer- és energiatermelésre és –igényekre, a víztartalékokra, a földdel való gazdálkodásra és a társadalom sok más tevékenységére. Másrészt azért, mert az utóbbi időben egyre több jel mutat arra, hogy az éghajlatban olyan komoly változások történhetnek (pl. a légkör szén-dioxid tartalmának növekedése következtében), amelyek rendkívüli módon befolyásolhatják az emberiség életfeltételeit, s amelyek ellen csak különleges módon szervezett nemzetközi együttműködés keretében lehet fellépni.

A mezőgazdasággal, erdészettel és halászattal foglalkozó ülések szervezésében az Élelmezési és Mezőgazdasági Szervezet (FAO), a globális ökológiával és a tengeri erőforrásokkal kapcsolatos ülések előkészítésében az ENSZ Nevelésügyi Tudományos és Kulturális Szervezete (UNESCO) vesz részt, míg az „éghajlat és egészség témakörben az Egészségügyi Világszervezet (WHO) segédkezik. Az ENSZ Környezetvédelmi Programja (UNEP), amely a konferencia minden témájában általában érdekelt, hathatósan hozzájárul az Éghajlati Világkonferencia különböző tevékenységeinek tervezéséhez.

Az Éghajlati Világkonferencia csak az első lépése egy nagyszabású nemzetközi vállalkozásnak, amely az éghajlat változásaival és változékonyságával összefüggő egész sor komoly probléma megoldását célozza. Ebben a legfőbb szerepet az Éghajlati Világprogram játssza majd, amelyet a Meteorológiai Világszervezet más nemzetközi (kormányközi és nem kormányközi) szervezetek segítségével most tervez. Ennek a programnak a keretében hajtják végre az éghajlat tudománya, az éghajlati adatok és felhasználásuk, valamint az éghajlatnak a társadalomra és a környezetre gyakorolt hatásának vizsgálata köré csoportosítható nemzetközi feladattervet. Az egyes országok az Éghajlati Világprogram alapján hoznak majd intézkedéseket az éghajlat előnyös vonásainak jobb kihasználására és a káros hatások csökkentésére. A konferencia következtetései, ajánlásai és akcióterve különösen fontos tényezői lesznek az Éghajlati Világprogram jellege kialakításának.

A konferencia nemzetközi szervező bizottsága már készített napirend tervezetet, amely szerint az első héten 24 áttekintő, tudományos előadás hangzik el az éghajlatról és az emberre gyakorolt hatásáról, a világ legkiválóbb szaktekintélyeinek részvételével. Ezek az előadások bemutatják az egyes tudományos témák jelenlegi állását és konkrétan megfogalmazzák a legfontosabb, legidőszerűbb kérdéseket. Az előadásokat követő viták szolgálnak majd alapul a konferencia következtetéseihez, ajánlásaihoz és akcióterveinek végleges megfogalmazásához. Ezt a munkát a konferencia második hetében a fent említett előadások szerzői mintegy 80 meghívott szakértővel együtt, munkacsoport üléseken végzik el. Az elfogadott ajánlásokat azután a világszervezet 1979. április—májusában, szintén Genfben tartandó VIII. kongresszusa elé terjesztik.

A WMO Végrehajtó Bizottsága kérte a konferenciától hogy azt is vizsgálja meg, célszerű lenne-e „miniszteri szintű" éghajlati konferencia összehívása. Az Éghajlati Világkonferencia ezért ezzel kapcsolatban is ajánlást tesz majd, aszerint, hogy milyen fontosságot tulajdonít az éghajlat jelenlegi, és várható jövőbeli hatásainak.

Mint a konferencia címéből is kitűnik, *a februári ülésen a résztvevők szakértői minőségükben*

és nem kormányuk képviseletében lesznek jelen. A *meghívott* előadók kiválasztása kizárólag annak a szaktudásnak a szem előtt tartásával történik, amellyel az ülések fontos munkáját elősegíthetik. A meghívottak kiválasztásánál érvényesül az a cél is, hogy a földrajzi, fizikai és társadalomtudományok széles körének képviselői kapjanak helyet a konferencián. Hangsúlyozni kell, hogy az Éghajlati Világkonferencia nem meteorológiai szakkonferencia. Összehívásának célja az, hogy elemezze az éghajlat hatását az ember tevékenységére és környezetére.

Az első héten a konferencián — a lehetőségek szabta korlátokon belül — minden kellő képzettségű érdeklődő részt vehet. Egyéni alapon jelentkezők írásban nyújthatják be kérelmüket a WMO főtitkárához, megjelölve, hogy jelenleg hol, milyen intézményben dolgoznak és hogy az éghajlati problémák iránti érdeklődésük milyen jellegű. A plenáris üléseken mind a meghívottak, mind pedig az egyéni érdeklődők bekapcsolódhatnak a vitába, kérdéseket tehetnek fel. Ily módon a konferencia következtetései és ajánlásai a legszélesebb alapokon kifejtett nézeteket tükrözik majd.

A jelentkezések a következő címre küldhetők:

World Meteorological Organization
Case Postale No. 5
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

(E közleményt a Meteorológiai Világszervezet — szerkesztőségünkhöz 1978. október 2-án érkezett — kérésére tesszük közzé lapunkban.)

Fordította: *Tölgyesi István*

*

A. NYBERG IMO-DÍJAS

A Meteorológiai Világszervezet Végrehajtó Bizottsága az 1978. évi IMO díjat — amelyet évente adományoznak kiemelkedő meteorológiai és nemzetközi együttműködési tevékenységért — *Alf E. G. E. Nyberg*-nek, a Svéd Meteorológiai és Hidrológiai Intézet korábbi igazgatójának ítélte oda.

A. Nyberg 1911-ben született, doktori fokozatát az uppsalai egyetemen kapta 1938-ban. A Svéd Meteorológiai és Hidrológiai Intézetnek 1955-től az igazgatója, majd főigazgatója volt 1977-ig. 1950/51-ben a stockholmi egyetem professzora volt.

A. Nyberg, aki kiemelkedő, jól ismert személyiség a nemzetközi meteorológiában, fontos és aktív szerepet játszott a WMO tevékenységében. 1956-tól 1963-ig a WMO Európai Területi Bizottságának elnöke, 1963-tól 1971-ig pedig a WMO elnöke volt. A WMO Végrehajtó Bizottságának kivételesen hosszú ideig, 22 évig volt tagja, nevezetesen 1955-től 1977-ig, nyugdíjba vonulásáig. A WMO megbízásából számos fejlődő országban tevékenykedett a technikai együttműködési program teljesítésével kapcsolatosan. Sok tudományos dolgozata jelent meg szinoptikus meteorológiai és aerológiai kérdésekről, valamint a meteorológiai tényezők és a légszennyeződés közötti kapcsolatról.

Alf Nyberg több ízben járt Magyarországon; szakmai, baráti kapcsolatok is fűzték szolgálatunkhoz. Közvetlen, barátságos egyéniségének megtisztelő figyelmét a Svédországban járt magyar ösztöndíjasok, a WMO üléseken, hivatalos fogadásokon résztvevő magyar delegátusok mindig élvezhették. Úgy érezzük, hogy az IMO díj ismét méltó kezekbe került.

Ambrózyné Mohácsi M.

*

MENNYISÉGI CSAPADÉKELŐREJELZÉSEK MEGINDÍTÁSA

Az OMSZ Központi Előrejelző Intézetének Csapadékszinoptikai Osztálya 1978. július 3-tól megkezdte a hidrológiai célú mennyiségi csapadékelőrejelzések rendszeres kiadását. Ebből az alkalomból meteorológus és vízügyi szakemberek részvételével ünnepélyes megnyitót tartottak, melyen résztvett *Vincze József* az OVH elnökhelyettese, *Kovács György* az OVH Vízgazdálkodásfejlesztési Főosztályának vezetője, *Czelnai Rudolf* az OMSZ elnöke, *Barát József* az OMSZ elnökhelyettese és a meghívott szakemberek.

Bevezető előadásában *Varga-Haszonits Zoltán* a KEI igazgatója ismertette a Központi Előrejelző Intézet fejlesztési terveit, ezen belül a hidrometeorológiai szolgáltatások és kutatások helyzetét. Ezt követően *Bodolai Istvánné* tud. osztályvezető tájékoztatást adott az 1977-ben alakult Csapadékszinoptikai Osztály tevékenységéről és feladatairól. Eszerint az osztály részben operatív hidrometeorológiai szolgáltatásokat lát el — amelynek keretébe a mennyiségi csapadékelőrejelzés is tartozik —, részben e szolgáltatások fejlesztését célzó kutatási tevékenységet folytat. Az előadás ezután áttekintést nyújtott a mennyiségi csapadékelőrejelzés helyzetéről a különböző országok meteorológiai szolgálatainak gyakorlatában, majd ismertette a hazai szolgálatban kifejlesztett csapadékelőrejelzési eljárásokat.

Mint ismeretes, a csapadékmennyiség rövidtávú előrejelzésére irányuló kutatások szolgálatunknál az 1960-as évek óta folynak. Jelentős haladás azonban 1974 óta következett be. Ekkor kezdődtek az Országos Vízügyi Hivatal ösztönzésére és támogatásával azok a kutatások, amelyek a hidrológiai célokat figyelembe véve tűzték napirendre a csapadékmennyiség rövidtávú előrejelzését.

E kutatások keretében két előrejelzési modellt dolgoztak ki. Az egyik eljárás a cirku-

lációs indexeken és a hatékonysági tényezőn alapuló modell, amely az előrejelzendő csapadékmennyiséget a potenciálisan kihullható vízmennyiség, a termobárikus mező cirkulációs indexe és a korábbi csapadékszériákból levezetett hatékonysági tényezők, mint előrejelző prediktorok függvényét definiálja. Ez az eljárás főként az árhullámokat előidéző kritikus időjárási helyzetekben alkalmazható sikerrel. A másik az ún. „találkozási modell" a potenciálisan kihullható vízmennyiség, a vertikális sebesség és a dinamikus telítési hiány (a tényleges relatív geopotenciál és a telítési relatív geopotenciál különbsége) mezőinek időbeli találkozásán alapul. Utóbbi mint szabályozó paraméter azt határozza meg, hogy a kihullható lehetséges vízmennyiségből mennyi csapadékot válthat ki az emelő mozgás.

Az alkalmazott két eljárás a várható 12 – 24-órás csapadékmennyiséget a Duna és a Tisza 18 részvízgyűjtő területére területi csapadékátlagok formájában adja meg.

Az előrejelzések elveit ismertető előadás után *Takács Ágnes* tud. munkatárs és *Nagy Zsuzsanna* tud. segédmunkatárs bemutatta a találkozási modell diagnosztikai és analitikus számítási alkalmazását. Ezt követően a résztvevők kötetlen formában tájékozódtak az új szolgáltatás gyakorlati felhasználásának lehetőségeiről.

Bodolai I.

*

JUGOSZLÁV—MAGYAR EGYÜTTMŰKÖDÉS A JÉGESŐ ELHÁRÍTÁSÁBAN

Hazánk déli határán, a Dunától kb. Drávaszabolcsig terjedő határmenti sávban fekvő fölöttébb értékes mezőgazdasági kultúrájú területek jégverés elleni védelméről – baranyai elhárító rendszer eddigi működése során mutatkozó kitűnő eredmények ellenére – technikai nehézségek miatt le kellett mondanunk. De tudomásunk volt arról, hogy a Horvát Szocialista Köztársaságban immár hat éve folyó jégeső-elhárítás az ottani határmenti területek védelmét hasonló okok miatt nem tudja megoldani.

A rakétás jégeső-elhárító rendszerünk megszervezését elrendelő kormányhatározat a két rendszer közötti együttműködés kérdésében csupán arról intézkedett, hogy a jugoszláv felet a rendszer üzembe helyezéséről tájékoztatni kell. Ez meg is történvén, a jugoszláv és a magyar meteorológiai szolgálatnak ismételten alkalma nyílt az együttműködés módozataira vonatkozó elképzelések megvitatására, sőt javaslat kidolgozására is sor került megállapodás kötése végett. Erre egyébként is hasznos támpontul szolgált a Bulgária és Jugoszlávia között a jégeső-elhárítás kérdésében korábban már létrejött egyezmény.

A magyar minisztertanács elé terjesztett javaslat az együttműködésben hármas célt jelölt meg: *1.* Jégeső-veszélyes zivatarok kialakulásakor kölcsönös riasztás a várható vonulás irányában. *2.* A védelem kiterjesztése a közvetlenül a határ mindkét oldalán fekvő sáv mezőgazdasági kultúráira. *3.* Az elhárítás biztonságának és eredményességének növelése érdekében a védekezés szoros összehangolása.

A szűkebb szakmai egyeztetések megtörténte után és az illetékes tárcák egyetértő véleménye birtokában a minisztertanács az előterjesztést jóváhagyta. Ennek nyomán az idei márciusban a kormányközi megállapodás is megszületett az együttműködés elvi alapjairól.

A megállapodás a jégeső-elhárítást irányító meteorológiai szolgálatokat hatalmazta fel az együttműködés részleteinek kidolgozására és végrehajtására. Az együttműködés megalapozása, illetve az ehhez szükséges munkaprogram kidolgozása végett *Kozák Béla* OMSZ elnökhelyettes vezetésével *Wirth Endre* tud. főosztályvezető és *Polgár Endre* főosztályvezető-helyettes utazott Jugoszláviába, június 14-én. A jugoszláv jégeső-elhárító rendszert és az új típusú jugoszláv elhárító-rakétát bevezetőül bemutató eszéki megbeszéléseken, majd a bilogorai radarközpont megtekintésén résztvett *Halász József* belgrádi nagykövetünk és valamennyi szövetséges köztársaság hidrometeorológiai intézetének igazgatója is.

A munkaprogram részletes kidolgozása a következő két napon már Zágrábban, a horvát hidrometeorológiai intézetben történt, ahol *Sikić Mile, Dražan Poje, Tomislav Vučetič* és *Branko Gelo* személyében a horvát delegáció igen kellemes tárgyalófélnek bizonyult.

A kidolgozott munkaprogram első renden megoldandó feladatnak tartja a *Tenkes* és a *Bilogora* radarközpont közötti rádiókapcsolat kialakítását, megfelelő (teljes dokumentációjú) készülékek beszerzését, ill. fölszerelését, továbbá a radarinformációk kódolására kölcsönös javaslat kidolgozását, az információk telexen történő cseréjének előkészítését, s végül az önmegsemmisítő jégelhárító rakéták határmenti övezetekben, a szomszédállam határának irányában leendő használatának, valamint a magyar részről átsodródó rakétákkal kapcsolatos kérdéseknek – kormányközi megállapodás formájában – megnyugtató rendezését.

E kérdéseknek az illetékes szakminisztériumok segítségével történő rendezésén kívül a program már 1978-ra tervbe veszi szakemberek küldését, illetve fogadását, a kölcsönös tájékoztatással összefüggő kutatási-operatív eredmények időben történő rendszerezését, s még néhány részletkérdést. Az idei program befejezéséül pedig december folyamán a jugoszláv delegáció jön Magyarországra az együttműködés további elmélyítése érdekében.

Hisszük, hogy e program megvalósulása elé nemcsak a jugoszláv és a magyar meteorológiai szolgálat, hanem a határmenti területek különösen érdekelt mezőgazdasági üzemei is jogos várakozással tekinthetnek.

Kozák B.

AUJESZKY LÁSZLÓ 75 ÉVES

Aujeszky László 1903-ban született Budapesten. Itt végezte középiskolai és egyetemi tanulmányait is. A természettudományok, különösen pedig a matematika és a fizika területén kiválóan felkészülve, a legfontosabb idegen nyelvek birtokában lépett a Meteorológiai Intézet szolgálatába 1927-ben. Az intézet egyik legfontosabb és akkoriban sürgős korszerűsítésre szoruló részlegében, a prognózis-osztályon kezdte meg tudományos pályáját s kisebb megszakítással, amikor rövid időre az ideiglenesen visszavonuló *Réthly Antal*tól az intézet vezetését átvette, itt dolgozott (1953-tól mint az időjáráselőrejelző osztály vezetője) egészen 1963-ig, amikor elérve a korhatárt nyugalomba vonult.

Nevéhez fűződik az „izobár-szinoptika" alkonyán az időjárás előrejelzésének hazai korszerűsítése és exakt fizikai alapokra helyezése. Külföldi tanulmányútjáról visszatérve meghonosította az ún. „bergeni iskola" *(V. Bjerknes* és tanítványai) korszerű s a légtömeg- és frontanalízisre épült szinoptikus módszereit. Bevezette a mindennapi szolgálatba, amelyben évtizedeken át maga is eredményesen résztvett, az arológiai adatoknak (pilotok, repülőgépes felszállások), hegyi állomások észleléseinek rendszeres felhasználását s ezzel megalapozta a hazai szolgálatban az időjárási folyamatok háromdimenziós szemléletét.

Ennek a világviszonylatban forradalminak nevezhető fejlődési szakasznak a magyar szolgálatba történt átültetése kétségkívül *Aujeszky László* érdeme. Ezt a teljesítményt mintegy 40 év távlatából értékelve meg kell gondolnunk, hogy a merőben új módszerek és szemlélet bevezetése és elismertetése megkívánta az aránylag fiatal meteorológustól a régi törzsgárda szakmai meggyőzését és számos kezdő, a meteorológiában jobbára járatlan szakember kiképzését. Mind ezeket a belső feladatokat, mind a korszerű előrejelző módszerek alkalmazását, valamint a tudományos körök és a közvélemény tájékoztatását *Aujeszky László* példamutatóan, nagy diplomáciai érzékkel oldotta meg. Prognózisai sohasem léptek túl a tudomány adta lehetőségek határát, információtartalmukat mégis jelentősen bővítette az ország egyes részeinek, a napszakoknak megjelölésével.

Az ismeretterjesztés nehéz munkáját, az általános műveltség rohamosan növekvő igényeit is figyelembe véve, ma is örömmel vállalja és szakavatott tollával, nagy tárgyi tudásával, pedagógiai érzékével és előadókészségével kiválóan végzi a 75 éves tudós. Tudományos ismeretterjesztő cikkeinek száma rendkívül nagy. Magukban foglalják a meteorológia teljes tudományterületét. Különös értékük a mindenkori aktualitás, szerzőjük a meteorológia legfrissebb eredményeit mutatja be szakírói minőségében a tudományos ismeretterjesztő folyóiratok, napilapok hasábjain.

Aujeszky László a hazai ismeretterjesztés szervezésébe és irányításába mint a Természettudományi Társulat másodtitkára és a Természettudományi Közlöny társszerkesztője éveken át aktív munkával is bekapcsolódott. 1948–1950 között az Időjárás folyóirat szerkesztője volt. Hosszabb időn át főtitkára volt a Magyar Meteorológiai Társaságnak s mint tiszteleti tag és a Társaság tudományos tanácsának tagja ma is értékes segítségét nyújt tanácsaival, szakvéleményekkel a legkülönbözőbb tudományos és társadalmi feladatok megoldásában.

Kutató munkája elsősorban a légkör energia- forgalmára irányul. Ebből a tárgykörből tartotta a budapesti tudományegyetemen 1937–1953 között nagyon látogatott magántanári előadásait. Kutató munkáját értékelve a Tudományos Minősítő Bizottság 1953-ban a fizikai tudományok kandidátusává minősí- tette.

A légköri energetika különös hangsúlyt kapott a műholdak bevezetésével az űrkutatás hajnalán. A globális légkörkutatásban, a földtudományok szintézisében az anyag- és energiaáramlás alapvető jelentőségűvé vált. *Aujeszky László* újabb eredményeit ebből a tárgykörből 1971-ben mutatta be és védte meg a Tudományos Minősítő Bizottság nyilvános fórumán s ezzel elnyerte a földtudományok doktora magas minősítési fokozatot.

Számos könyve közül csak néhányat említünk meg, olyanokat, amelyek rámutatnak széles körű tudományos érdeklődés és éreés magasszintű ismeretterjesztő tevékenységére is.

Az alkalmazott meteorológia területéről:

Védekezés az időjárási károk ellen (1930), Az időjárás és a mindennapi élet (1933).

Ismeretterjesztő művek:

A Természettudományi Társulat centenáris sorozatának Légkör című kötetében 11 fejezet (1939), A felhők világa (1958).

Új eredményeket bemutató tudományos művek:

Új fogalmak a meteorológiában (1942), A meteorológia helye a természetkutatásban (1943), A légkör fizikája (az Akadémiai Kiadó 3 kötetes sorozatában, 1957).

A felsorolás természetesen nem lehet teljes. Részben a hely korlátozott volta nem ad erre

lehetőséget, részben pedig *Aujeszky László* „összes művei" nem sorolhatók fel, hiszen a 75 éves tudós alkotó ereje teljében még sok értékes munkával ajándékozhatja meg népes olvasó táborát, segítheti tanácsaival, szakértelmével, széles körű nyelvtudásával a meteorológia hazai művelőit, tanítványait, tisztelőit és barátait. Sok sikert, jó egészséget kívánunk az elkövetkező években tudományos életművének folytatásához.

Béll B.

*

A METEOROLÓGIAI VILÁGSZERVEZET (WMO) VÉGREHAJTÓ BIZOTTSÁGÁNAK XXX. ÜLÉSE

A WMO Végrehajtó Bizottsága a világszervezet alapokmánya értelmében 24 tagú testület amelynek minden tagja egy nemzeti meteorológiai (vagy hidrometeorológiai) szolgálat vezetője. Hivatalból tagja a bizottságnak a WMO elnöke, három alelnöke és a hat regionális bizottság elnöke, többi tagját pedig a négyévenként összeülő kongresszus választja meg a következő kongresszusig tartó érvénnyel. Ha azonban egy tag bármilyen okból megválik szolgálatvezetői tisztségétől, akkor helyébe újat választanak. Az 1975-ben tartott legutóbbi, hetedik WMO kongresszus óta, különösen sok változás történt a végrehajtó bizottság összetételében: az akkori 24 közül ma már csak 11-en tagjai a bizottságnak, s többek közt olyan jól ismert személyiségek váltak ki, mint *J. Bessemoulin* (Franciaország), *A. Nyberg* (Svédország), *E. Süssenberger* (NSZK), *R. M. White* (Egyesült Államok).

A kialakult gyakorlat szerint a bizottság minden év májusának utolsó csütörtöki napján ül össze a világszervezet genfi székházában, az ülések időtartama három hét. Ez alól csak a kongresszusok éveiben tesznek kivételt, amikor a VB csak egy rövid, egyhetes ülést tart közvetlenül a kongresszus után. Az idei ülés a szokásos rendnek megfelelően, május 25. és június 15. között zajlott le; magyar részről *Czelnai Rudolf*, mint az európai regionális bizottság elnöke, valamint tanácsadójaként *Tölgyesi István*, az OMSZ munkatársa vett részt az ülés munkájában.

Az elfogadott határozatok nagy többsége a végrehajtó bizottság normális szakmai szervező és ügyviteli tevékenységének keretébe tartozik, és olyan témákkal foglalkozik, mint pl. a regionális- és szakbizottságok üléseinek jelentései, a Meteorológiai Világszolgálat (WWW) további fejlesztése, tengeri meteorológia és oceanográfia, meteorológiai kutatások és az Első GARP Globális Kísérlet (egyszerűbb elnevezéssel: Globális Időjárási Kísérlet), műszerfejlesztés, az agrometeorológia az élelmiszertermelés szolgálatában, a sivatagosodás elleni küzdelem meteorológiai vonatkozásai, légszennyeződés, szakmai együttműködés, pénzügyek (az 1979. évi program és költségvetés).

E határozatok részletes ismertetésére itt természetesen nincs lehetőség, meg kell azonban említeni a bizottság néhány fontosabb döntését, illetve megállapítását: Egyetértett a VB az afrikai regionális bizottságnak azzal az ajánlásával, hogy a Meteorológiai Világszolgálat adatfeldolgozási rendszerében a Pretoriai (Dél-Afrika) Regionális Meteorológiai Központ szerepét két másik központ: Lagos (Nigéria) és Tananarive (Madagaszkár) vegye át. Ez a javaslat logikus következménye annak a VII. kongresszuson elfogadott határozatnak, amely Dél-Afrika WMO-tagságát kormányának fajüldöző és gyarmatosító politikája miatt felfüggesztette. A döntést ebben a kérdésben a VIII. kongresszus mondja ki. A Meteorológiai Világszolgálatot illetően a bizottság újra nyomatékosan felhívta az érintett tagállamokat, hogy sürgősen gondoskodjanak a megfigyelési és a távközlési rendszerben még meglevő hiányosságok megszüntetéséről. Ez különösen fontos a küszöbön álló (1978. december 1-én kezdődő) Globális Időjárási Kísérlet miatt. A kísérlet végrehajtásának részletes tervei nagyrészt elkészültek, s ezeket a bizottság jóváhagyta. A Globális Légkörkutatási Program egyik alprogramjaként fogadta el a bizottság a *Légáramlás hegységek fölött és körül* című kísérlet tervét, amelynek keretében az Alpok térségében kerül majd sor szorosan összehangolt nemzetközi kutatásra.

A szakmai-tudományos kérdések közül az éghajlat és változásai fokozottabb tanulmányozásának megszervezésével foglalkozott legtöbbet az ülés. Az Egyesült Nemzetek közgyűlésének felhívása nyomán a VII. WMO kongresszus tette meg az első lépéseket az éghajlatváltozások behatóbb vizsgálata céljából, s a kongresszus megbízása alapján a végrehajtó bizottság intenzív előkészítő munka után most fogadott el egy *Éghajlati Világprogram* tervezetet, melyet a részletek további kidolgozása után a VIII. kongresszus elé terjesztenek jóváhagyásra.

A program célja az éghajlat-változások okainak és következményeinek jobb megismerése, valamint az így szerzett ismeretek felhasználása a kormányszintű tervezés megfelelő területein. A program fő összetevői: *a)* éghajlati adatgyűjtés és az adatok felhasználása a társadalom időszerű problémáinak megoldásában, *b)* az éghajlat emberi tevékenységre gyakorolt hatásának tanulmányozása, *c)* az éghajlat változásainak és változékonyságának kutatása.

Ismeretes, hogy a WMO már régóta foglalkozik ezekkel a kérdésekkel, s az új program természetesen teljes mértékben felhasználja az eddigi tevékenység tapasztalatait és eredményeit, de egyben koordinálja és magasabb szintre emeli ezt a munkát. A program végrehajtásában a WMO együtt fog működni az

érdekelt egyéb nemzetközi szervezetekkel. Különösen szoros lesz a kapcsolat a Tudományos Uniók Nemzetközi Tanácsával (ICSU) s a terv szerint egy 12 tagú közös WMO—ICSU tudományos bizottság irányítja majd a közös kutatásokat. Bár a végrehajtó bizottság alapelvként fogadta el, hogy a program végrehajtásába a lehető legnagyobb mértékben be kell vonni az érdekelt, már fennálló testületeket, ugyanakkor azt is világosan kimondta, hogy az éghajlati világprogramnak saját szervezeti rendszerrel kell rendelkeznie; ebben az irányító szerepet valószínűleg a végrehajtó bizottságnak egy (később létrehozandó) kormányközi testülete fogja ellátni.

Az éghajlati és az éghajlatnak az emberiségre gyakorolt hatásával kapcsolatos tudományos problémák nagyszabású áttekintése céljából 1979 februárjában Genfben *Éghajlati Világkonferencia* ül össze.

A végrehajtó bizottság XXX. ülése nagy figyelmet szentelt az 1979. április 30. és május 26. között megrendezendő VIII. Meteorológiai Világkongresszusra való felkészülésnek. A bizottság — a WMO alapokmányában meghatározott feladatainak eleget téve — elkészítette a VIII. kongresszus napirendjét, és megvizsgálta a főtitkár program- és költségvetés tervezetét az 1980—1983 időszakra, amelyről a kongresszusnak kell majd döntenie. A tervezet rendkívül részletesen, mintegy 500 oldalas dokumentum formájában fejti ki a Világszervezet javasolt tevékenységét, és az ahhoz szükséges pénzügyi fedezetet, amely közel hetven millió amerikai dollárra rúg. (Az 1976—1979. időszakra a VII. kongresszus mintegy negyven millió dolláros költségvetést fogadott el.)

Ugyancsak a következő kongresszus elé kerül a bizottságnak az a határozata, amely a WMO alapokmányának megváltoztatását javasolja abból a célból, hogy Namibia (vagy a fölötte jogilag felügyeletet gyakorló ENSZ Namibiai Tanács) a WMO tagjává válhassék.

A kongresszussal kapcsolatban a bizottságnak számos adminisztratív kérdésben is döntenie kellett. Ilyenek például: a dokumentáció formája és rendszere, tolmácsolási lehetőség a nem-hivatalos nyelveken, a munkabizottságok javasolt száma, meghívások kiküldése. Ez utóbbival kapcsolatban érdekességként megemlíthető, hogy a WMO-nak más szervezetekkel fennálló egyezményei értelmében, valamint más meggondolások alapján nem kevesebb, mint 64 nemzetközi szervezet kap meghívást arra, hogy képviseltesse magát a kongresszuson.

A VIII. kongresszussal kapcsolatos fontos esemény volt az is, hogy *D. A. Davies*, a WMO jelenlegi főtitkára az egyik plenáris ülésen bejelentette: Kész arra, hogy jelenlegi megbízatásának lejárta (1979. december 31.) után továbbra is szolgálja a világszervezetet ebben a tisztségben.

Tölgyesi I.

BÉLL BÉLA 70 ÉVES

Az 1908/09-es tanév kezdetén a Gömör megyei Uraj tanítójának fiaként kezdte meg életét *Béll Béla* s azóta 70 tanév során kezdődött újból a tanulás-tanítás és Ő is több, mint 60 éve meg-megújuló erővel kezdi és folytatja a tanulástól soha el nem választott munkálkodását, kutatást és tölti be a tanácsadó, irányító szerepet, a legmagasabb szintű tudományos szervezői tevékenységet.

A nyugdíjkorhatárt 6 évvel túllépve 1974 elején vált ki az aktív szolgálatból. Úgy tűnik, azért, hogy még aktívabb lehessen, mert amíg — ellentétben azzal, ahogy az ilyen helyzetben történni szokott — a nyugdíjba vonulása előtti évtizedek során évi átlagban két szakmai mű került ki a tolla alól, azóta pedig évente átlag négy tudományos tanulmány, dolgozat címe előtt vagy a végén olvasható a neve (1933—73 között, 81, 1974—1978 között 20 műve jelent meg). Ha az utóbbi években megjelent tudományos dolgozatait olvassuk, meggyőződhetünk, hogy a légáramlás ma éppúgy érdekli, mint régen. (A szélklíma jellegzetességeinek változása a magassággal Siófok térségében. A Balaton éghajlata, OMSZ Hiv. Kiadv., 1964, 62—69. old.) A légáramlás szerkezetének néhány jellemzője a Balaton fölött. U. o., 89—117. old. A domborzat áramlásmódosító hatása a Kárpát-medencében. (Meteorológiai Tanulmányok, N° 27, 1978, 1—25. old.). De kiterjesztve a kutatás méreteit, földi dimenzióit, ma is érdekli a tudománytörténet (Kopernikusz hatása a földtudományokra. Időj., 1974, 369—372. old.), egy-egy éghajlati sajátosság (A vénasszonyok nyara szinonimái az Északi-félgömbön. Légkör, 1975, 113—115. old.) vagy új elemként szakírói tevékenységében, tudományunk és a társadalom kapcsolata (Társadalmunk fejlődése és a meteorológiai kutatás kapcsolata. MTA X. Oszt. Közl., 1972. 267—272. old.). De mindezeknél jelentősebb az az aktív szellemi tevékenység, amely, sajnos ma még sem egyszerű, sem bonyolult statisztikai művelettel nem mutatható ki, amelyet *Béll Béla* az OMSZ tudományos tanácsadójaként, a TMB Földrajz-Meteorológia Szakbizottsága és a Magyar Meteorológiai Társaság elnökeként, az MTA levelező tagjaként, általában: a magyar tudományos közéletben felmerülő kérdések megválaszolásával, különböző szintű meteorológiai oktatási feladatok elvi megoldásával, a meteorológiához kapcsolódó közművelődési problémák megvilágításával, minden különösebb tisztség nélkül mint — bátran mondhatjuk — országosan ismert és elismert szakember kifejt, méginkább igazolja, hogy számára a nyugdíj évei nem a nyugalom, hanem a szakadatlan, lankadatlan és eredményes munka időszakát jelentik.

Jó előrejelzést adott *Bodolai István*, amikor *Béll Béla* nyugalomba vonulásáról hírt adó

cikkében (Időj., 78. évf., 311–313. old.) ezt írta: „... nyugalomba vonulása munkásságának nem befejezését, hanem csupán más keretek közötti folytatását jelenti." Így igaz! Valóban a keretek mások, de a közöttük folyó munka ugyanaz, mint 40, 20, vagy 5 évvel ezelőtt. Szívből kívánjuk, így legyen még sok évig s a keretek esetleges újbóli változtatását csak az Ő akarata szabja meg! Legyen hozzá egészsége, további munkakedve s legyenek mindig fiatalok, akiknek Ő fiatalosan adhatja tovább gazdag tudásának, tapasztalatainak kincseit.

Kéri M.

*

A COSPAR XXI. ÜLÉSE

A COSPAR (Commitee for Space Research: Űrkutatási bizottság) idei ülését május 29. és június 10. között Innsbruckban tartotta, s ezen a magyar meteorológiai szolgálattól *Major György* és *Tänczer Tibor* hivatalos kiküldöttként, *Miskolci Ferenc*, *Molnár Gyula* és *Timon Ildikó* saját költségén vett részt.

A 21 évvel ezelőtt létesült szervezet tevékenységének fölfrissítése érdekében az ülés némi szervezeti változtatást tartott időszerűnek. Eddig a szakmai munka a különböző tudományterületeknek megfelelő munkacsoportban folyt, pl. a VI. munkacsoport volt a meteorológia és a felszín vizsgálati összefogó szervezeti egység. A jövőben a műholdas és rakétás berendezésekkel külön munkacsoportok (panelek), a szakmai kérdésekkel pedig tudományos bizottságok foglalkoznak. A felszín megfigyelése (itthon: erőforrásvizsgálat) és a meteorológia továbbra is egyazon tudományos bizottsághoz tartozik.

1980-tól kezdődően a COSPAR 2 évenként tart ülést, azonban a fő tudományos tevékenységet jelentő szimpóziumok és kollokviumok megtartására továbbra is minden évben van lehetőség. Az 1979. évi ülés Indiában, Bangaloreban lesz, az 1980-as pedig Budapesten. A szervező az MTA, de nyilvánvaló, hogy a meteorológiai szimpóziumon az FGGE idején működő kozmikus berendezésekkel és rendszerekkel nyert első tapasztalatok kerülnének tárgyalásra. Ebben a témában számos élenjáró műholdas és rakétás mérőberendezést készítő és üzemeltető szakember várható a budapesti ülésre, ill. szimpóziumra.

Szimpózium a légkör szondázásáról

A COSPAR ülései egy hétig tartottak, míg a megelőző héten hat tudományos szimpóziumra került sor. A Nap–Föld fizikai kapcsolataival foglalkozó szimpóziumon is számos meteorológiai, sőt agrometeorológiai vonatkozású előadás hangzott el, számunkra mégis a *légkör műholdas szondázásának* eredményeit taglaló szimpózium volt a fontosabb; ezen *Miskolci Ferenc* is tartartott előadást. A háromnapos szimpózium fő tanulságai a következők:

a) A hőmérsékletszondázás egyre pontosabbá válik: részben a hőmérséklet értékek állnak közelebb a rádiószondával mértekhez, részben a függőleges felbontás javul és egyre inkább képes adatokat szolgáltatni a felső légkörről is. A javulást a meglevő módszerek finomításával és nem új módszer bevezetésével érték el.

b) Az ózon mérésében szakadás van a felszínen mért *Dobson* adatok, a kémiai ózonszondák adatai és a műholdas adatok között. A méréstechnika fejlesztésével „össze kell őket hozni". Erről külön megbeszélést tartanak 1980-ban Boulderban, az ózon-szimpózium után.

c) Az óceánok feletti szondázási adatok felhasználása a numerikus prognózisokban csak jelentéktelen javulást jelent, ezen belül a legsikeresebb a javulás a déli félgömbön. Úgy érzem, a hiba a prognózis modellekben van.

d) A műholdas adatok hasznosításában előretört a komplex és interaktív analízis technika. A teljes műholdas információ anyag digitális formában számítógépbe kerül és az analízist végző a céltól függően színes display-re kéri ki bizonyos sugárzási csatornák területi eloszlását, függőleges lokális vagy időbeli metszetét, és a kapott kép alapján dönt az újabb kikérendő anyagról, a különböző (látható-, infra-tartományú vízgőz, mikrohullámú) mérések kombinációiról mindaddig, amíg egyértelmű nem lesz az analízis. Ettől a technikától nagyon le vagyunk maradva.

e) Folynak az elméleti elkészítő munkák az aeroszolok bizonyos sajátosságainak műholdas szondázására.

f) A műholdas szondázás nagymértékben járult hozzá a sztratoszféra és mezoszféra megismeréséhez.

A COSPAR VI. munkacsoportjának ülései

A hivatalos ülések a munkacsoport jövőjével és bizonyos programokkal foglalkoztak elsősorban. A programok közül kiemelkedik a Föld-légkör rendszer sugárzásháztartásának mérésére irányuló terv: 1985-től kezdve tökéletesített mérőberendezéseket lőnek fel több műholdon az Egyesült Államokból; az előkészületek már most folynak. A felszíni méréseket is tökéletesíteni kell. Mivel vannak eredményeink a műholdas és felszíni adatok együttes felhasználásában, ezért bizonyos együttműködés részünkről is lehetséges.

A munkacsoport nyilvános ülései tudományos eredmények ismertetésére szolgálnak. Itt hallottunk az USA és a Szovjetunió meteorológiai rakétái összehasonlításának eredményeiről, megismerhettük a METEOSAT első méréseivel végzett vizsgálatokat, a Spanyolországban végzett rakétaszondázások első eredményeit és itt került sor e sorok írójának előadására is, valamint erőforráskutatási beszámolókra.

Az IAMAP Sugárzás Bizottságának ülései

Az ülésen nyolc munkacsoportban és még néhány kooperatív program keretében folyó munkákról és tervekről esett szó. Ezek közül számunkra a legfontosabbak a következők:

a) A légköri optika munkacsoportja nemrég alakult, most méri fel a világban ebben a tárgykörben folyó munkákat. Mi az idén kezdjük meg ez irányú munkáinkat.

b) A légkör és a felszín-légkör rendszer sugárzásháztartásának kérdése itt is kiemelkedő szerepet kap, szoros a kapcsolat a COSPAR tevékenységével. Számos szakértői ülést terveznek.

c) Az egyik munkacsoport javaslatot tett a sugárzási terminológia és a mértékegységek homogén használatára. A javaslat nem aratott nagy tetszést, de kérnek mindenkit, hogy ezt a rendszert használja, elsősorban tankönyvekben.

A következő sugárzási szimpóziumot Fort Collinsban (USA) tartják, 1980-ban.

Major Gy.

*

BÁNKUTI JÁNOS 1913—1978

Bánkuti János az OMSZ nyugalmazott vezető technikusa 1978. július 10-én váratlanul elhunyt. Több mint negyven évi szolgálat után 1973-ban ment nyugdíjba. Rövid pihenés után súlyos betegség tette kétségessé, hogy jut-e még számára néhány a jól megérdemelt nyugalom éveiből. Rendszeres sportolással edzett, fegyelmezett szervezete azonban legyőzte ezt a betegséget s joggal remélhette családja is, volt munkatársai, barátai is, hogy valóban a pihenés évei jönnek. Nem így történt. Egy újabb, alattomosan, váratlanul támadó betegség egyik pillanatról a másikra végzett vele. 1913-ban született. Iskolái elvégzése után tényleges katonai szolgálatra vonult be s itt maradt — hivatásosként, meteorológus tiszthelyettesként — 1949-ig, amikor átlépett az OMSZ kötelékébe. Sokoldalú, jó munkabíró tagja lett a szolgálatnak. Munkájának maradandó dokumentuma az a sok magaslégköri megfigyelési anyag, amelynek mérésében, begyűjtésében, feldolgozásában sikeresen és szorgalommal vett részt. Jó munkát végzett az ötvenes évek végén megindult Balaton-kutatásban. is. A szolgálat sportegyesülete természetjáró csoportjának sok éven át vezetője, sok-sok sikeres túra szervezője, soha nem hiányzó résztvevője volt. Emlékét az OMSZ archívumában kézvonásai, a munkatársak, barátok emlékezetében pedig a jól és együtt végzett munka, a sok közös országjáró út személyéhez kapcsolódó élményei sokáig megőrzik.

Kéri M.

A MAGYAR FÖLDRAJZI TÁRSASÁG VÁNDORGYŰLÉSE

A Magyar Földrajzi Társaság június 30. és július 2. között tartotta Baranya megye és Pécs város tanácsával, valamint a TIT Baranya megyei szervezetével karöltve rendezett háromnapos pécsi vándorgyűlését. Ennek központi témájául ugyan a Társaság az aprófalvas Baranya és a nagyvárossá fejlődő Pécs településföldrajzi kérdését tűzte ki, ám a hagyományokhoz híven e központi témát a természeti és táj-földrajz egyéb érdekes kérdései foglalták méltó keretbe.

A budapest—pécsi útvonal első állomásán, pl. *Pécsi Márton* akadémikus a paksi híres löszfal rétegeinek tagozódását elemző újabb vizsgálatok eredményeit mutatta be, a Paks határában épülő atomerőmű építkezéseinek hatalmas méreteiről pedig a beruházók szakszerű tájékoztatójával kísért bemutató során kaphatott teljes képet a vándorgyűlés három és félszáz résztvevője.

Az első nap délutánjána a pécsi múzeumok látnivalóival, Pécs város városképi fejlődésével s az antropogén környezeti hatások intenzitásával — helyi idegenvezetők kalauzolásával — ismerkedtek a résztvevők. A második nap délelőttjét az orvosegyetem aulájában rendezett tudományos ülésszak töltötte ki. A mondanivalóval s időbeosztással egyaránt elismerésre méltóan jól gazdálkodó tíz előadás elemezte egyrészt a természeti-földrajzi adottságok szerepét a baranyai aprófalvak kialakulásában, másrészt a település-tervezés hierarchia kérdéseinek megvilágításában ezen aprófalvak jelenlegi helyzetét és jövőjét. Az előbbi szempontból ki kell emelnünk *Lovász Györgynek* és *Fodor Istvánnak*, az MTA Dunántúli Tudományos Intézete munkatársainak, az utóbbiból pedig *Földvári Jánosnak*, a megyei tanács általános elnökhelyettesének, valamint *Kolta János* ny. kutatóintézeti igazgatóhelyettesnek kitűnő előadását. E négy előadás — a többi értékes előadással együtt — a vándorgyűlés résztvevőinek túlnyomó többségét kitevő földrajztanárok számára szakszerűsége mellett is élményszerűen mutatta be Baranya példáján a természeti táj és e tájban élő ember, ill. társadalom tájalakító tevékenységét determináló kölcsönhatásokat.

A pécsi tudományos ülésszak befejeztével a vándorgyűlés délután Szigetvárra látogatott, ahol a vár védelmének történeti-földrajzi vonatkozásaival, ezt követően pedig a sellyei arborétummal s az Ormánság néprajzi érdekességeivel ismerkedett.

A harmadik nap ugyancsak gazdag programja délelőtt a villánykövesdi pincesor, majd a villányi szoborpark megtekintésével kezdődött, ezt pedig a siklósi vár és múzeum megtekintése követte. Kora délután a vándorgyűlés különleges érdeklődéssel várt programja, az Országos

Meteorológiai Szolgálat baranyai jégesőelhárító rendszere Tenkes-hegyi központjának bemutatása következett. Itt *Polgár Endre* főosztályvezető-helyettes tömör, világos szabadtéri előadásában ismertette az elhárító-szolgálat működését, amelynek eredményességéről egyébként *Földvári* tanácselnökhelyettes előző napi előadásában számszerű adatokat is hallhattak a résztvevők. Feszült várakozás közben, sűrűn kattogtak a fényképezőgépek, amikor az amúgy is zivatarral fenyegető időjárási helyzetben a jégcsíra-magokat szállító rakéta látványos kilövésének bemutatásával zárult a vándorgyűlés Tenkes-hegyi látogatása, s ezzel a nagysikerű vándorgyűlés tartalmas szakmai programja.

Kakas J.

*

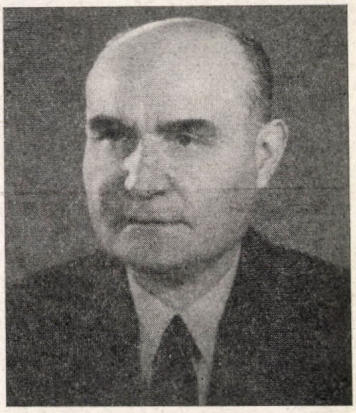
AZ MMT AGROMETEOROLÓGIAI SZAKOSZTÁLYÁNAK ELŐADÓI ÜLÉSE KESZTHELYEN

Az utóbbi években az Agrometeorológiai Szakosztály, előadói üléseinek egyikét valamelyik vidéki agrometeorológiai centrumban tartja meg. Ez módot ad a szakosztály tagjainak arra, hogy közvetlenül megismerkedhessenek az ott folyó kutatási irányokkal, de még lényegesebb szempont az, hogy a helyi szakemberek lly módon közelebbi kapcsolatba kerülhetnek az agrometerológusok problémáival, megismerkedhetnek eredményeikkel.

Ez évben az Agrometeorológiai Szakosztály 1978. június 16-án Keszthelyen, az Agrártudományi Egyetemen tartotta előadói ülését, ahol *Nagyné Dávid Aranka* és *Pletser János* „Az időjárás és a műtrágyázás együttes hatása a kukorica evapotranszspirációjára, fejlődésére és terméseredményére" című előadása hangzott el. E kutatás a „Talajtermékenység fokozása alapvető irányok kidolgozásával" című országos szintű kutatási célprogram megvalósításához szolgáltat adatokat. A kutatások és kísérletek a keszthelyi agrometeorológiai kutatóbázis létrejötte óta pedig Keszthelyen folynak.

Az előadásban bemutatott eredményeket az 1973–77 közötti 5 évben végzett megfigyelések és kísérletek adatanyagának elemzéséből nyerték. A műtrágyázás hatását kukoricaállományban (MvSc—580) vizsgálták három különböző műtrágyadózis kiadagolása esetén. Az eredmények azt bizonyították, hogy a műtrágyadózis növelése fokozza ugyan a termésbiztonságot, ez azonban nem jelenti azt, hogy kisebb műtrágyaadagok esetén nem várható jó termés. Ám ez utóbbi esetben a termés-eredményt jóval nagyobb mértékben megtekintették a Keszthely határában levő Agrometeorológiai Kutatóállomást, ahol közvetlen benyomásokat szerezhettek a kísérlet folyamatáról és a kísérleti terület műszerekkel körültekintően felszerelt voltáról.

Dunay S.



SIMOR FERENC 1901—1978

Változatos életpályát befutó, de változatlanul mindig az éghajlat jelenségeit figyelő, kutató ember élete ért véget Pécsett, 1978. május 28-án: *Simor Ferenc* nyug. tudományos főmunkatárs, a földrajztudományok kandidátusa elhunyt. Csendes, elmélyedő, szívósan dolgozó egyéniségével a változatos életpálya azért fért össze, mert az éghajlatkutatás, amely tudományos munkásságának gerincét alkotta, ezáltal lett változatossá. Az viszont, hogy 55 éven át változatlanul az éghajlat állt érdeklődésének középpontjában, éppen változatos életpályája következtében hozott gazdag, sokféle értékes termést.

Siklóson született 1901. november 26-án. Nem érettségivel, hanem a négy középiskola elvégzése után tanítóképzőben szerzett oklevéllel, tehát már egy képesítés birtokában vágott neki a budapesti tanárképző főiskolának, ahol, 1923-ban a földrajz, a természetrajz és a vegytan tanítására jogosító polgári iskolai tanári oklevelet kapott. Első, nem publikált tanulmánya is ekkor készült el, amelyet a főiskola Eötvös József-pályadíjjal jutalmazott. Agrometeorológiai tárgya volt ennek az első munkának.

Ez az esemény volt változásokban gazdag életének a kezdete. Pécsett tanított és tanult, közben a már meglevő két szakképesítéshez megszerezte a harmadikat: tanítóképző intézeti tanárvizsgát tett. Tanulmányaiban az éghajlat központi helyen állt s a pécsi egyetemen megszerzett földrajzi diploma mögött szívósan elsajátított, sokoldalú meteorológiai-éghajlati ismeretanyag halmozódott fel benne. Ez már a negyedik szakképesítése volt. Reá igazán illett a latin közmondás: *Discendo discimus:* mert folytonos tanítás közben az egyetem földrajzi intézetének külső munkatársaként 1934-ben befejezte első éghajlati monográfiáját, a *Pécs éghajlata* című munka első kötetét. Ekkor

szerezte meg az egyetemi doktori fokozatot is. (Ötödik diploma.) Három évvel később elkészült a pécsi monográfia második kötetével. Olyan tudománytörténeti értékű munka ez Pécsre vonatkozóan, mint *Róna Zsigmond: Magyarország éghajlata* egész hazánkra, vagy *Réthly Antal: Budapest éghajlata* a fővárosra nézve. S ugyanúgy, mint ezek, ma is kincsesbányája napjaink feladataival foglalkozó fiatal kutatóknak. Közben a pécsi egyetemen a földrajz magántanára lett (1940), s hamarosan Kolozsvárra került, ahol a más éghajlat, a más természeti környezet új munkák elkészítésére ösztönözte. Ott látott napvilágot Erdély éghajlatát és mezőgazdaságát tárgyaló terjedelmes két tanulmánya.

Eddig sem eseménytelen élete a második világháború éveiben és különösen végén még gyorsabban változott s ekkor jelentkeztek családi életében is azok a tragikus események, amelyek kedélyét borongóssá, személyiségét még visszahúzódóbbá tették, munkakedvét szegték, de hamarosan erőt véve magán, az eddigieknél még elmélyültebb vizsgálatokat kívánó, elméleti éghajlati területekre irányították figyelmét: Homogentiás-vizsgálatok, advektív és helyben keletkező hatások a hőmérséklet alakulásában stb. Természetesen most is Pécs sok évtized alatt összegyűjtött s általa rendezett adatsora képezte munkásságának alapját. Újból itt, a Nagy Lajos gimnáziumban tanított, s külső munkatársa lett a Dunántúli Tudományos Intézetnek (1951). Közel 35 évi oktató munka után 1957-ben az intézet belső munkatársaként kizárólag kutatásnak szentelhette munkaidejét. Ebben az évben lett kandidátus is. Abból a tapasztalatból kiindulva, hogy az éghajlatkutatásban, a Mecsekkel foglalkozóban is új, a tudomány és a népgazdaság szempontjából egyaránt hasznos eredményeket a korszerű kívánalmaknak megfelelő körülmények között gyűjtött új adatok birtokában lehetséges, a tanítás megszűntével benne felhalmozódott energiát modern, jól felszerelt, az országos hálózatba bekapcsolt misinai obszervatórium felépítését megelőző szervező, agitáló, különböző intézmények vezetőit meggyőző munkába kezdett. Szívóssága, fáradhatatlanul lelkes munkakedve teljes sikerrel járt: 1961-ben már a működő, jól berendezett, főfoglalkozású diplomás meteorológus vezetése alatt álló misinai obszervatóriumot elismeréssel tekintették meg a Magyar Meteorológiai Társaság vándorgyűlésére Pécsett összegyűlt meteorológusok, a rokontudományok képviselői, a városi és megyei vezetők.

Egészsége e szervező munka során megromlott, súlyos műtéten esett át, és bár betegségéből felgyógyult, sohasem lett újból igazán egészséges. Valószínűleg nem járunk messze az igazságtól, ha úgy véljük, hogy elsősorban az a csalódás viselte meg leginkább, amely azzal érte, hogy kedves obszervatóriumának működését néhány év után a pécsi televíziós adó építése előbb korlátozta, majd teljesen lehetetlenné tette. Meggyengült egészséggel újabb megoldásért már nem tudott harcolni, s ahhoz is, hogy újabb s egyben utolsó művének anyagát, melyet már korábban összegyűjtött, rendezett, szövegbe öntse, csak e megemlékezés írójának segítségével volt ereje. *(A Mecsek hegység éghajlata*, 1974).

Kitüntetésben, elismerésben, számos helyen és alkalommal részesült. Igen nagyra értékelte a Steiner Lajos-emlékérmet, melyet 1958-ban kapott a Magyar Meteorológiai Társaságtól. Munkájának elismerését látta a Társaság pécsi szakosztályának elnöki tisztében, majd nem sokkal halála előtt tiszteleti taggá történt megválasztásában. Az erről szóló oklevél volt talán az utolsó dokumentuma életének, amely tudatáig eljutott. Több mint félévszázados meteorológusi tevékenysége „érdnél maradandóbban" őrzi emlékét. Személyének emléke „csak" barátai, munkatársai, tanítványai emlékezetében él tovább.

Kéri M.

*

AEROLÓGIAI MEGFIGYELÉSEK FELDOLGOZÁSÁNAK AUTOMATIZÁLÁSA

Hat szocialista ország meteorológiai szolgálatának képviselői gyűltek össze 1978. május 24 és 26. között Poprádon, hogy résztvegyenek az „Aerológiai megfigyelések és információk feldolgozásának automatizálása" címmel rendezett szimpóziumon. A magyar szolgálatot e sorok írója képviselte.

A résztvevők tizenhét előadást és beszámolót hallgattak meg az aerológiai megfigyelések automatizációjáról, az aerológiai adatok minőségi ellenőrzéséről, az aeroklimatológiai információk gépi feldolgozásáról, valamint a számítástechnika eszközeinek felhasználásáról az aerológiai adatok feldolgozásához és elemzéséhez. Az előadók beszámoltak az aerológiai rendszerek automatizációjának jelenlegi állapotáról és fejlesztésük távlatairól. Szolgálatunk képviselője a rádiószonda mérések adatainak automatikus kiértékelésére irányuló elképzeléseinkről adott tájékoztatást. Az előadások és beszámolók élénk vitákat váltottak ki, amelyeken a szakértők megvitatták a konkrét módszertani, technikai és kiértékelési problémákat.

A szocialista országok meteorológiai szolgálatai többnyire már áttértek a Meteorit-RKZ rádiószonda rendszer alkalmazására, ezért a rádiószonda adatok automatikus kiértékelésének technikai alapja mindenütt azonosnak vehető. Eltérések vannak viszont az adatkiértékelésre vonatkozó elképzelésekben. A rádiószondázó állomások száma lényeges meghatározó tényező az automatizáció egy konkrét változatának kiválasztásában. A résztvevők

megállapították, hogy határozott haladás és fejlődés történt az aerológiai rendszerek automatizációjában a négy évvel ezelőtt ugyanebben a témában rendezett legutóbbi szimpózium óta (Varsó, 1974 december). Kívánatosnak tartják viszont a fejlesztés meggyorsítását és összehangolását. A szimpózium résztvevői felhasználták az alkalmat az operatív munkában szerzett tapasztalatok kicserélésére is.

A vendégek végül megtekintették a nemrég épült poprádi aerológiai obszervatóriumot és az ott folyó munkát.

A legközelebbi szimpóziumot ugyanebben a témában két év múlva rendezik meg.

Lévai I.

*

JÉGVERÉS ELLENI VÉDELEM OLASZORSZÁGBAN

A magyar—olasz tudományos és műszaki együttműködésre vonatkozó egyezmény alapján e sorok írói 1978. június 26.és július 4. között tapasztalatcserét folytattak Rómában és Vicenzában a jégverés elleni védelem kérdéséről.

A megbeszélések június 27-én az UCEA-ban (Ufficio Centrale di Ecologia Agraria) kezdődtek. *E. Rosini* professzor, az intézet vezetője és tudományos munkatársai adtak átfogó tájékoztatást Olaszországban a jégeső ellen a múltban és a jelenleg folyó védekezésről.

A jégeső okozta károk erősen függnek a területegységre jutó termelési értéktől. Így Olaszországban, elsősorban a Pó-síkságon, évről-évre nagy károk keletkeznek, hiszen a zivatarfelhőkkel kapcsolatos jelenség a mérsékelt égöv alatt a nyári időszakban rendszeresen jelentkezik.

E károk elhárítására már akkor megkezdődtek a kísérletek, amikor a kellő tudományos ismeretek hiánya miatt a sikerre még nem lehetett sok remény. Ezek az erőfeszítések Olaszországban, más nyugati államokhoz hasonlóan profitszerző, kereskedelmi célokkal párosultak. Mindez arra vezetett, hogy a Pó-síkságon hosszú éveken keresztül „jégeső-elhárító" rakéták tízezreit bocsátották fel; az ezekkel kapcsolatos kiadások megközelítették az évi 1 millió dollárt. Az alkalmazott „módszer" — a kis hatómagasságú, kristályosító anyaggal vagy robbanótöltettel ellátott rakéták függőleges irányban történő fellövése a zivatarfelhők közeledésekor, önkényesen kiválasztott időpontban — szakmailag megalapozatlan és tudományos ellenőrzésre alkalmatlan volt. Ennek ellenére a jégeső ún. pontgyakoriságának aránylag kis értéke miatt a felhasználók (kisgazdák, parasztok) többsége meg volt győződve az eljárás helyességéről. Így a módszer gyorsan elterjedt és sokáig fennmaradt.

E. Rosini professzor érdeme volt, hogy — hosszú felvilágosító munkája eredményeképpen — jelenleg már csak elvétve alkalmazzák ezeket a rakétákat Olaszországban.

A jégeső elleni védekezés tudományos módszerének kidolgozását — véleménye szerint — *a megfigyelésnek* kell megelőznie. Ez az oka annak, hogy az olasz kutatók — nemzetközi, francia—svájci munkacsoport keretében a jégeszemek nagyság szerinti eloszlásának intenzív tanulmányozásával foglalkoznak. A zivatarfelhő és kísérő jelenségeinek sokirányú megfigyelését egyébként ez a kutatócsoport randomizált jégesőelhárítási kísérlet keretében végzi Svájcban.

A jégesők nagyság szerinti eloszlása befolyásolja a mezőgazdaságban bekövetkezett károkat, ezért a jégesők legjellemzőbb paramétere. Az adatokat részint ún. jégesőindikátorok, részint önkéntes észlelők által kitöltött formanyomtatványok útján szerzik be. Az előbbiek kb. 4/km² területi sűrűségben elhelyezett egyszerű felfogó felületek, melyeken a jégszemek méretükkel arányos lenyomatot hagynak és így utólagos kiértékelésre alkalmasak. A formanyomtatványokat önkéntes észlelőhálózat megfigyelői töltik ki a jégesők különféle jellegzetességeit (időpont, időtartam, szélirány, szélsebesség stb.) tartalmazó információkkal.

Az UCEA az olaszországi jégesők vizsgálata érdekében egy privát céggel (So. R. E. M. = Societa' Ricerche Esperienze Meteorologiche) is kapcsolatot tart fenn, amely Vicenzában néhány éve folytat jégesőelhárító tevékenységet. Megállapodásuk értelmében az UCEA a védett területen jégesőindikátor-hálózatot tart fenn, amelynek adatait elemezve ellenőrzi a védekezés hatékonyságát.

Június 28-án ezeknek az indikátoroknak a jellegzetességeit és az adatok kiértékelésének szakmai problémáit mutatta be *D. Vento* osztályvezető, június 29-én délelőtt pedig az intézet vezetőivel az együttműködés további lehetőségei kerültek megbeszélésre. Megállapodtak a közös érdeklődésre számot tartó kutatási témában (a jégeszemek nagyság szerinti eloszlásának vizsgálata indikátor-adatok és vizuális megfigyelések útján), továbbá a munka elvégzéséhez szükséges szakembercserékben is.

Ennek keretében mindkét részről évente (1979-től kezdődően) egy-egy fiatal szakember dolgozik 4—8 héten keresztül a másik intézménynél, később meghatározandó feladatok megoldásán.

A magyarországi kísérleti jégesőelhárítás megtekintésére az *OMSz meghívást* küld *E. Rosini* professzornak és *D. Ventonak*; a látogatásukra már 1978 őszén, várhatóan október elején kerülne sor.

Június 30-án és július 1-én Vicenzában tájékozódtunk a So. R. E. M. munkájáról, ill. szervezetéről. *Buscaglione* mérnök, a magáncég vezetője, részletesen beszámolt az eleinte csa-

padékkeltési kísérletekkel, jelenleg pedig jégesőelhárítással foglalkozó szolgálat munkájáról.

A védekezési módszer lényege: mesterséges jégképző magvak bejuttatása a zivatarfelhőbe fix (4 db) és mozgó (10 db) talajgenerátorok hálózata útján. Ugyanerre a célra öt kisebb és két közepes (kétmotoros) repülőgépet is alkalmaznak, melyek segítségével a zivatarfelhők alatt, fejlődésük kezdeti szakaszában kristályosító anyagot tartalmazó pirotechnikai „patronokat" égetnek el.

Bár a módszer szakmailag több szempontból is kifogásolható, a rendszer a megbízók (a megye hivatalos és magánszemélyekből álló „konzorciuma") nyilvánvalóan megelégedésére működik. A hatékonyság számszerű megállapítására vonatkozó konkrét adatokat nem közöltek velünk. Ez a konzorcium évi 250 millió líra (kb. 30 000 dollár) összeggel finanszírozza a So. R. E. M. tevékenységét. Az UCEA a So. R. E. M. talajgenerátorai által efedett „védett terület" egy részén fenntartott indikátorhálózatot ellenőrzi, ill. adatait elemzi. Az eredményeket csak többéves statisztikai adatsorok feldolgozásával lehet majd megbízhatóan értékelni.

A magáncégnél tett látogatás során felvetődött az a korábbi szempont, hogy egyrészt a magyarországi jégesőelhárító szervezet személyi-anyagi lehetőségeinek sokoldalú kihasználása érdekében, másrészt a potenciális gazdasági kihatások, ill. a különböző területeken jelentkező igények miatt nálunk is célszerű lenne a csapadékkeltési kísérleteket előkészíteni. Ehhez jó impulzust biztosítana *Buscaglione* mérnök meghívása, akinek az említett területen évtizedes gyakorlati tapasztalata van.

Rómába visszatérve, július 4-én délelőtt még sikerült az IFA (Institutio di Fisica del' Athmosphere) szakembereivel találkoznunk. A kutatócsoport előkészületeket tesz a Bologna környékére Veronából áttelepített meteorológiai radarberendezés adatainak számítógépes (real-time) feldolgozására. A munkálatokat amerikai szakember tervei alapján végzik a tényleges megfigyeléseket 1979-ben kívánják elkezdeni.

Kozák B. — Wirth E.

*

JÉGESŐ ELLENI VÉDEKEZÉS TUNÉZIÁBAN

M. Ayadi, a tunéziai meteorológiai intézet igazgatója 1977 októberében látogatást tett az OMSZ-nál. Ennek során megismerkedett egyes szakterületek munkájával, elsősorban az agrometeorológiai kutatásokkal és a jégeső elleni védekezéssel. Baranyai tartózkodása idején áttekintést adtunk a jégesőelhárító szervezet felépítéséről és operatív működéséről, sőt tájékoztattuk a rendszer létrehozásának előzményeiről és az első eredményekről is.

Nyilván látogatásának volt köszönhető az a meghívás, melyet e sorok írója kapott egy tunéziai előadás megtartására. A nemzetközi szimpóziumot — melyen az előadás 1978. március 31-én hangzott el —, a meteorológiai intézet és az egyik legnagyobb tuniszi biztosító társaság kezdeményezte, illetve szervezte. (Az „Assurances Mutuelles" CTAMA—MGA-társaság profilja a mezőgazdasági termények biztosítása.) A szeminárium célja az egyes természeti csapások elleni védekezés lehetőségeinek megvitatása volt.

Az értekezletnek tulajdonított relatív fontosságot különböző jelek bizonyították: a mezőgazdasági miniszter — *Hassen Belkodja* — megnyitó beszéde, a legjelentősebb termelők és biztosító társaságok képviselőinek jelenléte, a tv-közvetítés stb.

A külföldi előadók között ez egyik francia társaság küldötte a náluk alkalmazott mezőgazdasági biztosítási formákat ismertette, különös tekintettel a jégeső okozta károkra. (Ez a társaság támogatja pénzügyileg a Svájcban 1976 óta folyó, „randomizált" jégesőelhárítási kísérletet, amelyben francia és olasz kutatók is résztvesznek.) Római kiküldött számolt be a FAO-nak a témával kapcsolatos mezőgazdasági, jogi állásfoglalásairól, melyeket a különböző országokban hozott törvények figyelembevételével az utóbbi évek kongresszusain ismertettek, illetve vitattak meg. Ezután került sor előadásomra, melyet „Jégesők Magyarországon és a jégeső elleni védekezés kezdeti eredményei" címmel tartottam meg.

Az előadásokat követő hozzászólások, illetve viták (arab nyelven), a tunéziai szervezők és résztvevők intenzív érdeklődését tanúsították. A vitát a szimpózium után közösen készített jegyzőkönyvben rögzítették. A megbeszélés értékelése során a külföldi résztvevőknek határozott benyomása volt az, hogy a tunéziai biztosító társaság a kormány támogatásával már a közel jövőben vállalni fogja a jégeső elleni védekezés finanszírozását. Látszott azonban az is, hogy a bevezetésre kerülő módszerről és a szervezeti formákról egyenlőre nincsenek kiforrott elképzelések. Nem lenne meglepő számunkra, ha a kormányzat, illetve a CTAMA-MGA—esetleg a FAO-n keresztül — valamilyen formában Magyarország (szolgálatunk) segítségét is igénybe kívánná venni. Ezt mutatta az is, hogy a társaság egyik vezetője kifejezte azt a kívánságát, hogy Magyarországon tanulmányozhassa a mezőgazdasági kárbiztosítás elveit és struktúráját. (A látogatásra a közeljövőben valószínűleg sor kerül.)

Az értekezlet nyilvánvalóan elérte kitűzött kettős célját: a figyelem ráirányítását erre a gazdaságilag Tunéziában is igen jelentős kérdésre; és azt, hogy ennek alapján kidolgozzák a döntéshez szükséges változatokat az optimá-

lis megoldás kiválasztása érdekében. Megtisztelő, hogy a magyar meteorológiai szolgálat, ha csekély mértékben is, de részt vállalhatott ebben a munkában.

Az eredeti programon túlmenően az utolsó napon (április 1-én) sikerült meglátogatnom a korszerű tuniszi meteorológiai intézetet. Itt *T. Kechrid*, az újonnan kinevezett igazgató és munkatársai végigkalauzoltak a főbb osztályokon; a munkaterületek közül a legfejlettebbnek a nagy teljesítményű francia számítógéppel felszerelt előrejelző központ látszott.

A kétnapos afrikai tartózkodás legmaradandóbb személyes élménye a fejlődő, fiatal köztársaság mozgalmas élete és a különböző területeken dolgozó arab szakemberek rendkívüli szívélyessége és vendégszeretete volt.

Wirth E.

*

EGYÜTTMŰKÖDÉSI SZERZŐDÉS A KÖZPONTI STATISZTIKAI HIVATALLAL

Az OMSZ és a Központi Statisztikai Hivatal vezetői — felismerve azt, hogy az eltérő alapfeladataik ellenére a nagy tömegű adatok számítógépes kezelése és matematikai elemzése terén hasonló módszereket alkalmaznak és fejlesztenek — a szorosabb együttműködés és a tapasztalatok szervezett kicserélése érdekében szocialista együttműködési szerződést kötött.

A szerződés ünnepélyes aláírására 1978. július 7-én az OMSZ székházában került sor *Bálint József* államtitkár, a KSH elnöke és *Czelnai Rudolf*, az OMSZ elnöke részéről.

A szerződés értelmében a két intézmény munkatársai közös szemináriumokat, konzultációkat szerveznek, számítógépes programjaikat egymás rendelkezésére bocsátják, a nagy tömegű adatok feldolgozási módszereivel kapcsolatos tapasztalataikat kicserélik.

A szerződés végrehajtó intézményei a KSH Számítástechnikai Igazgatósága, ill. az OMSZ Központi Meteorológiai Intézete.

Ambrózy P.

*

KORMÁNYKITÜNTETÉS

Béll Béla akadémikus „munkaérdemrend arany fokozat" kormánykitüntetést vett át 1978. október 2-án az MTA központi épületében. A kitüntetést *Czelnai Rudolf* akadémikus az OMSZ elnöke, az MTA X. Föld- és Bányászati Tudományok Osztályán, bensőséges ünneplés keretében adta át, s egyben születésének 70. évfordulója alkalmából is köszöntötte a kitüntetettet.

Lőrincz A.

ÉPÍTÉSZETI—KLIMATOLÓGIAI ÉRTEKEZLET LENINGRÁDBAN

A szocialista országok meteorológiai szolgálatainak küldöttei az *Építészeti tervezések számára alkalmazható klimatológiai paraméterek normatíva kézikönyve* című témában (RGKNIR 21.) második munkaértekezletüket tartották 1978. szeptember 19—22 között Leningrádban a Geofizikai Főobszervatóriumban. A témát koordináló szovjet szolgálat képviselőin kívül az értekezleten részt vettek a bulgár, az NDK, a lengyel és a magyar szolgálat delegátusai. Az üléseken *I. Kopanev* elnökölt. A magyar szolgálatot *Szalma* Jánosné és *Tatárné Szabó* Éva képviselte.

A munkaülések során az egyes országok küldöttei beszámoltak a három évvel ezelőtt vállalt feladatok teljesítéséről. Ennek során szó esett az építészeti vonatkozású éghajlati jellemzők mérési és feldolgozási módszereiről az egyes országokban. Megvitatták a szél-, a hó- és a zúzmara-terhelés klimatológiai paramétereinek számítási módszereit.

Egyre fontosabbá válik az elemegyüttesek komplex vizsgálata. Ezek közül is kiemelték a csapadék és szél (csapóeső), a hőmérséklet és nedvesség (korrózió) komplex vizsgálatát. Ez utóbbi feladat megoldásában a magyar szolgálat — a szovjet kutatási eredmények felhasználásával — is felelős szerepet tölt be.

I. Kopanev záróbeszédében a munkaértekezletet eredményesnek ítélte és megelégedését fejezte ki a témában közreműködőknek. Kiemelte a téma további művelésének fontosságán kívül azt, hogy tekintettel a gazdasági kapcsolatok egyre növekvő mértékére, törekedni kell a szocialista országokban az egyes paraméterek számítási módszereinek egységesítésére. A kölcsönös tájékoztatás érdekében a koordináló szolgálat javasolta, hogy a munkaértekezleteket a jövőben az eddiginél gyakrabban hívják össze.

Szucsák V.

*

AGROMETEOROLÓGIAI TANULMÁNYÚT A SZOVJETÚNIÓBAN

1978. augusztus 29-től szeptember 7-ig e sorok írója, mint a Központi Légkörfizikai Intézet tudományos munkatársa, a TESCO szervezésében tanulmányúton vett részt a Szovjetunióban. Az út célja olyan agrometeorológiai modellek tanulmányozása volt, amelyekkel leírható a növények környezeti föltételektől függő fejlődése és a termés.

Az Ukrán Hidrometeorológiai Tudományos Kutatóintézet meglátogatása során *V. P. Dimitrenkó*, az Agrometeorológiai részleg vezetője ismertette az általuk használatos módszereket a meteorológiai tényezők és a termés közti kapcsolat meghatározására. Másrészt a

növényfejlődés és az időjárási elemek összefüggéseit leíró modelleket is bemutatott. *N. K. Goisza* általános modellje a meteorológiai elemeken kívül, a termésmennyiségére ható agronómiai tényezőket is magában foglalja. Lehetőség nyílt az agrometeorológiai részleg egyéb kutatási tevékenységének megismerésére is. Így *N. G. Seludko* a különféle növényekkel s eltérő öntözővíz adagokkal végzett talajnedvességgel kapcsolatos vizsgálatokról adott tájékoztatást.

Moszkvában az Állami Hidrometeorológiai Hivatalban az obnyinszki Kísérleti Agrometeorológiai Intézet két munkatársa adott tájékoztatót az Obnyinkzsban folyó kutatásokról. *A. N. Polevoj*,aki dinamikus termésmodellezéssel foglalkozik, egyebek között ismertette a burgonya terméskialakulásának folyamatát és a termés mennyiségét közelítőleg leíró modellt. A *Z. Antonová*val folytatott beszélgetés témája az időjárás és a műtrágyázás közti összefüggések vizsgálata volt. Különböző nagyságú műtrágyaadagok hatékonyságát elemzik különféle időjárási helyzetekben. Kísérleteket folytatnak az optimális NPK szint meghatározására az egyes éghajlati körzetekben.

Walkovszky Attila

⁂

TANULMÁNYÚT A MOSZKVAI KÖZÉPTÁVÚ ELŐREJELZŐ OSZTÁLYON

1978 augusztusában a Központi Előrejelző Intézet középtávú előrejelző osztályának tudományos munkatársa, *Maller Aranka Judit* TESCO tanulmányúton járt Moszkvában, a Szovjetunió Hidrometeorológiai Központjában.

A tanulmányút célja a középtávú előrejelzési módszereknek az operatív szolgálatban való alkalmazásának, valamint a pentád- és dekádelőrejelzések népgazdasági felhasználási módjának a tanulmányozása volt.

A moszkvai középtávú előrejelző osztály 3 napos, 5 és 10 napos prognózisokat készít. A pentád és a dekád előrejelzések jelenleg *Kac* módszerével készülnek, amely egy összetett előrejelzési módszer; felhasználja a hidrodinamikát, a szinoptikát és a statisztikát. Nagy súlyt helyez a szovjet szolgálat a számítógépre és a számítógéppel való közvetlen kapcsolatra.

A hidrodinamikai—szinoptikai—statisztikai módszerben kiindulási anyag a 72 órás AT 500 mb-os előrejelzési térkép, ennek alapján határozzák meg az elkövetkező időszakban uralkodó cirkulációs típust (*Kac* 5 féle cirkulációs formát állapított meg). A nyomásmező és a kiindulási hőmérsékleti mező szerkezetének a vizsgálata (természetes ortogonális összetevőkre való felbontása) során a számítógéppel előállított együtthatók segítségével, regressziós egyenletek megoldásával, s figyelembe véve az uralkodó cirkulációs típust, prognosztizálják az öt napra vonatkozó csapadék összeget, valamint a pentád- és a dekád-középhőmérsékleteket.

A moszkvai középtávú előrejelző szolgálat munkáját tanulmányozva megállapítható volt, hogy az előrejelzés numerikus és statisztikai módszerei nem válnak külön, hanem a numerikus előrejelzés eredményeit statisztikai és szinoptikus módszerekkel javítják, statisztikai prediktorokként pedig a numerikusan előrejelzett adatokat használják fel.

Maller A. J.

⁂

TRÓPUSI ÚTIKÉPEK KUBÁBÓL

Láng Sándor egyetemi tanár a Magyar Meteorológiai Társaságban június 8-án nagyon sok, szép diaképpel kísért élménybeszámolót tartott kubai útjáról. Előadása sokkal többet adott a szép számú érdeklődő hallgatóságnak, mint amennyit előadásának címe ígért. Mert azonkívül, hogy valóban szép útiképeket mutatott be és sok-sok útiélményt mesélt el a gyakorlott népszerűsítő előadó, a nemcsak érdeklődő, hanem igényes hallgatóságot főként azzal elégítette ki, hogy előadása Kubáról jól felépített, a természeti viszonyokat az alkotó tényezők között fennálló kapcsolatok logikai sorrendjében ismertető tudományos beszámoló is volt. Kellő részletességgel ismertette a szigetország fekvését, földrajzi helyzetét, geológiai felépítését, az ott annyira jellegzetes karsztjelenségeket s ezek között bőséges teret szentelt a meteorológiai viszonyok bemutatására. Az időjárás átlagos lefolyását elmondva, észrevétlenül ment át az éghajlat bonyolult szerkezetének megrajzolásába s ezen keresztül visszatért a kiinduláshoz: azokhoz a természeti földrajzi jelenségekhez, amelyek az éghajlat által determinálták (növényvilág, trópusi karsztformák stb.). A hurrikánokról mondottak inkább a népszerűsítő előadást igénylőkhöz szóltak, de a hozzájuk fűzött hidrodinamikai magyarázat már ismét tudományos színvonalú volt.

Az előadás a fenti szerkezet következtében — szokatlan hossza ellenére — végig lekötötte a hallgatóságot s mindenképpen megfelelt a társaság által nemrégen tiszteleti taggá választott *Láng Sándor* abbeli szándékának, hogy székfoglalóként ezzel köszönje meg az elismerést.

Kéri M.

MEGJELENT

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

A NAPSUGÁRZÁS MAGYARORSZÁGON 1958—1972

Szerkesztette: Dr. Major György

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

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

A KÖZELMÚLTBAN MEGJELENT METEOROLÓGIAI SZAKKÖNYVEK

1. A METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT HIVATALOS KIADVÁNYAI:

XL. kötet: **A Balaton éghajlata — A Balaton térségének éghajlati jellegzetességei, hő- és vízháztartása, bioklímája** (Szerk.: BÉLL BÉLA és TAKÁCS LAJOS). Budapest, 1974. 316 B/5 lap. Ára vászonkötésben: 150,— Ft.

XLI. kötet: **A meteorológiai mezők statisztikai szerkezete** (Szerk.: CZELNAI, R., L. S. GANDIN, W. I. ZACHARIEW). Orosz és német nyelven. Budapest, 1976. 364 A/4 lap. Ára fűzve: 80,— Ft.

XLII. kötet: HAJÓSY FERENC, KAKAS JÓZSEF, KÉRI MENYHÉRT: **A csapadék havi és évi összegei Magyarországon a mérések kezdetétől 1970-ig.** Magyar és német nyelven. Budapest, 1975. 356 A/4 lap. Ára fűzve: 520,— Ft.

2. A METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT KISEBB KIADVÁNYAI:

43. szám: N. DÁVID ARANKA: **Sugárzásháztartás a Fertő tavon** (Magyar és német nyelven). Budapest, 1977. 54 B/5 oldal. Ára fűzve: 25,— Ft.

44. szám: MAJOR GYÖRGY—MISKOLCI FERENC—MOLNÁR GYULA: **A légköri hőmérséklet műholdas szondázásának kutatása Magyarországon** (Angol nyelven). Budapest, 1978. 70 B/5 oldal. Ára fűzve: 25,— Ft.

45. szám: TAKÁCS ÁGNES—TITKOS ERVIN: **Az időjárás előrejelzésének komplex modellje** (magyar és angol nyelven). Budapest, 1978. 97 B/5 oldal. Ára fűzve: 25,– Ft.

⁂

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

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT HIVATALOS LAPJA

A szerkesztésért felel: dr. Szepesiné Lőrincz Anna

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

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

Athenaeum Nyomda, 78.0656 Budapest — Íves magasnyomás
Felelős vezető: Soproni Béla vezérigazgató

Előfizetés: 1 évre 48 Ft. Megrendelhető: Az Országos Meteorológiai Szolgálat Pénzügyi Osztályán, Budapest, Kitaibel Pál utca 1. 1024. Levélcím Budapest, Pf. 38. 1525. Megjelenik kéthavonként. Egyes szám ára: 8 Ft

INDEX: 26 361

HU ISSN 0324—6329

IDŐJÁRÁS

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT HIVATALOS LAPJA

TARTALOM

Vu Boi Kiem: Az észak-vietnami monszunos és monszunmentes időszakok, valamint az ázsiai téli, középtroposzférikus cirkuláció közötti kapcsolat vizsgálata, korrelációs mezők alkalmazásával (angol nyelven) 313

Kasina, S.: A légköri kénháztartás Krakkóban (angol nyelven) 320

Götz Gusztáv: A hidrosztatikai instabilitás fő típusai és a konvektív mozgások kitüntetett módozatai a légkörben 325

Rákóczi Ferenc — Szalay Gabriella: A mezoskálájú cellás konvekció 340

Renoux, A. — Paugam, J. Y. — Mészáros Ernő: Összefüggés a légkör elektromos állapota és az aeroszol részecskék tulajdonságai között 348

Oross Gabriella — Vas Zoltán: A Föld évi csapadékának periodikus változásai .. 354

Ozorai Zoltán: Magaslégköri adatok minőségellenőrző programjának felépítése és működése 362

Mersich Iván: Megjegyzések és kiegészítések Szabó Éva „Hűtőtornyok hatása a levegőkörnyezetre" c. cikkéhez 371

Irodalom 374

CONTENTS

Vu Boi Kiem: The Use of Correlation Fields in Relating Spells of Monsoon and Break-Monsoon in North-Vietnam to Midtropospheric Circulation over Asia in Winter (in English) 313

Kasina, S.: Sulphur—Budget in the Region of Cracow (in English) 320

Götz, G.: The Main Types of Hydrostatic Instability and the Preferred Modes of Convective Motion in the Atmosphere 325

Rákóczi, F. — Szalay, G.: The Meso-Scale Cellular Convection 340

Renoux, A. — Paugam, J. Y. — Mészáros E.: Relation between the Electrical Parameters and Aerosol Characteristics of the Atmosphere 348

Oross, G. — Vas, Z.: Periodic Variations of the Annual Precipitation Amount of the Earth 354

Ozorai, Z.: The Outlines and Actions of a Computer Programme Designed for the Quality Control of High-Level Data 362

Mersich, I.: Remarcs and Additions to the Paper É. Szabó »Effect of Cooling Towers on Atmospheric Environment« 371

Literature 374

82. ÉVF. ★ 6. SZÁM ★ 1978. NOVEMBER—DECEMBER

IDŐJÁRÁS

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

SZERKESZTŐ BIZOTTSÁG – EDITORIAL BOARD:

AMBRÓZY P. (Budapest)
ANTAL E. (Budapest)
BAUR, F. (Bad Homburg)
BESSEMOULIN, M. J. (Paris)
BOSSOLASCO, M. (Genova)
BÖHME, W. (Potsdam)
BUDYKO, M. I. (Leningrad)
ČADEŽ, M. (Beograd)
DAVITAJA, F. F. (Tbiliszi)
DONEAUD, A. (Bucuresti)
GÖTZ G. (Budapest)
GULYÁS O. (Budapest)
KONČEK, M. (Bratislava)
LOGVINOV, K. (Kijev)
MÄDE, A. (Halle/Saale)
MÉSZÁROS E. (Budapest)
VAN MIEGHEM, J. (Bruxelles)
NGUYEN-XIEN (Hanoi)
OKOLOWICZ, W. (Warszawa)
PASZINSKY, J. (Warszawa)
PÉCZELY GY. (Szeged)
RADINOVIĆ, D. (Beograd)
RÁKÓCZI F. (Budapest)
ŠAMAJ, F. (Bratislava)
STEINHAUSER, F. (Wien)
STELCZER K. (Budapest)
SZEPESI D. (Budapest)
TAKEUCHI, K. (Tokio)
TUVDENDORZS, D. (Ulan-Bator)
VARGA-HASZONITS Z. (Budapest)
VITEK, V. (Praha)
WHITE, R. M. (Rockville)

ELNÖK – CHAIRMAN OF THE EDITORIAL BOARD:
BODOLAI I. (Budapest)

SZERKESZTŐ – EDITOR: LŐRINCZ ANNA (Budapest)

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

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 82. évf. 6. szám. 1978. nov. – dec.
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 82. No 6 Nov – Dec, 1978 Budapest

The Use of Correlation Fields in Relating Spells of Monsoon and Break-Monsoon in North-Vietnam to Midtropospheric Circulation over Asia in Winter

VU BOI KIEM, *Hydrometeorological Service of the Socialist Republic of Vietnam, Hanoi*

Az észak-vietnami monszunos és monszunmentes időszakok, valamint az ázsiai téli, középtroposzférikus cirkuláció közötti kapcsolat vizsgálata, korrelációs mezők alkalmazásával. Meghatározta a szerző az 5 naponkénti középhőmérsékleteknek a havi középhőmérsékletektől való eltéréseit, a monszunos és monszunmentes időszakokra, télen (november – május), majd ugyanezen időszakokra az 500 mb-os szint 5 naponkénti közepes magasságának a havi közepes magasságtól számított eltéréseit. E különbségek között korrelációs mezőt számítva, kapcsolatot állított fel az Észak-Vietnam fölötti monszunos és monszunmentes időszakok, valamint a Kelet-, Délkelet-Ázsia fölötti középtroposzférikus cirkuláció között. Ennek alapján három akciócentrumot határoz meg: 1. kelet-ázsiai parti, 2. kelet-urali, 3. Bengál. Analizálja ezen akciócentrumoknak a tél folyamán mutatkozó időbeli változékonyságát is.

⁎

Применение полей корреляции в изучении связей муссонных и безмуссонных периодов Северного Вьетнама с среднетропосферической циркуляцией в Азии в зимний сезон. В настоящей работе отклонения средней за 5 лет температуры от средних месячных температур используются для идентификации в зимний период (с ноября по май). Анализ полей корреляции между этими температурными отклонениями и отклонениями средних за 5 дней высот поверхности 500 мб от средних месячных высот поверхности 500 мб для различных станций Азии позволил определить соотношения периодов летнего сезона в Северном Вьетнаме с моделями среднетропосферической циркуляции в Азии. На этой основе автор выделяет три центра действия: 1) центр в побережной зоне Восточной Азии, 2) центр восточнее Урала и 3) центр в Бенгалии. Анализируется также эволюция этих центров в зимний сезон.

⁎

In the author's previous works [1, 2], have been determined the quasi-permanent centers of action in the subtropical westerlies, especially those in Southeast Asia, in addition some types of quasi-stationary flow patterns in the subtropical westerlies in winter have been also elaborated. However, it has been pointed out that the formation of these centers of action is closely connected with the quasi-stationary perturbations out of the subtropical area, and in winter mainly with those in the middle and high latitudes. Indeed, the spells of monsoon and break-monsoon in North Vietnam are greatly influenced by the behaviour of the situations in the middle latitudes, such as the cold anticyclone in the eastern part of the asian continent, the blocking high in the westerlies, the East Asia main trough, etc. Therefore, we are in need of developing the investigation on more extended area. This is just the aim of this work, where by using the correlation fields between the deviations of 5 day temperature from monthly average temperature in Hanoi and the deviations of 5 day 500 mb height from monthly average 500 mb height of numerous stations in East Asia

and Southeast Asia in winter (from Nov to May), we have the intention to relate objectively the spells of monsoon and break-monsoon in North Vietnam to the midtropospheric circulation over East Asia and Southeast Asia in winter. Here, the negative deviation of 5-day temperature from monthly average, characterizes the spell of monsoon and the positive deviation characterizes the spell of break-monsoon.

I. *Methods and Data*

In East Asia and Southeast Asia we have used the 500 mb height data of 171 stations in 7 winter seasons (from Nov to May) from 1965 to 1972. The everyday values of 500 mb height in each station are calculated into 5-day heights $\overline{H}$. The daily surface air temperatures of Hanoi station are calculated correspondingly into 5-day temperatures $\overline{T}$. The 5-day averaging procedure has precluded small pertubations and remained only large-scale ones. In order to reflect the spells of monsoon and the spells of break-monsoon in the North Vietnam during the winter, we have used the deviation of 5-day temperature from monthly average temperature in Hanoi:

$$\Delta\overline{T} = \overline{T} - \widehat{T}$$

where $\overline{T}$ = 5-day temperature of Hanoi station.

$\widehat{T}$ = monthly average temperature of Hanoi station.

$\Delta\overline{T}$ = deviation of 5-day temperature from monthly average temperature,

and

$\Delta\overline{T} < 0$ characterizes the spell of cold weather of the monsoon,

$\Delta\overline{T} > 0$ characterizes the spell of warm weather of the break-monsoon.

The midtropospheric circulation over East Asia and Southeast Asia is represented by the field of deviation of 5-day 500 mb height from monthly average 500 mb height of the above mentioned 171 stations. Corresponding with the calculation of the 5-day temperature anomalies, we have calculated the deviations of 5-day 500 mb height from monthly average 500 mb height for each of these 171 stations:

$$\Delta\overline{H} = \overline{H} - \widehat{H},$$

where $\overline{H}$ = 5-day 500 mb height

$\widehat{H}$ = monthly average 500 mb height

$\Delta\overline{H}$ = deviation of 5-day 500 mb height from monthly average 500 mb height.

The next step is to compute the linear correlation coefficients $r(\Delta\overline{T}, \Delta\overline{H})$ between the 5-day temperature anomalies in Hanoi station and the 5-day 500 mb height anomalies of 171 stations in East Asia and Southeast Asia for every two months in winter (from Nov to May). The results of these computations are displayed in correlation fields for every two months (Nov – Dec, Dec – Jan, Jan – Feb, Feb – March, March – Apr, Apr – May) and are shown consecutively in *Fig. 1, 2, 3, 4, 5, 6.*

II. *Results and Analysis*

In *Fig. 1–6.* we analyze the isocorrelates. The isocorrelate fields give us the information about the centers of action of the midtropospheric circulation over Asia on the processes of abnormal cooling or warming in Hanoi, in other words on the spells of monsoon or break-monsoon. For example, in the case of abnormal cooling in Hanoi, the positive center of the isocorrelate field is equivalent with the center of deepening of the mean trough or the center of weakening of the mean ridge; the negative center of the isocorrelate field means the center of strengthening of the mean ridge or the center of shallowing of the mean trough. In the case of abnormal warming the analysis must be contrary. In the following we shall successively analyze the isocorrelate fields.

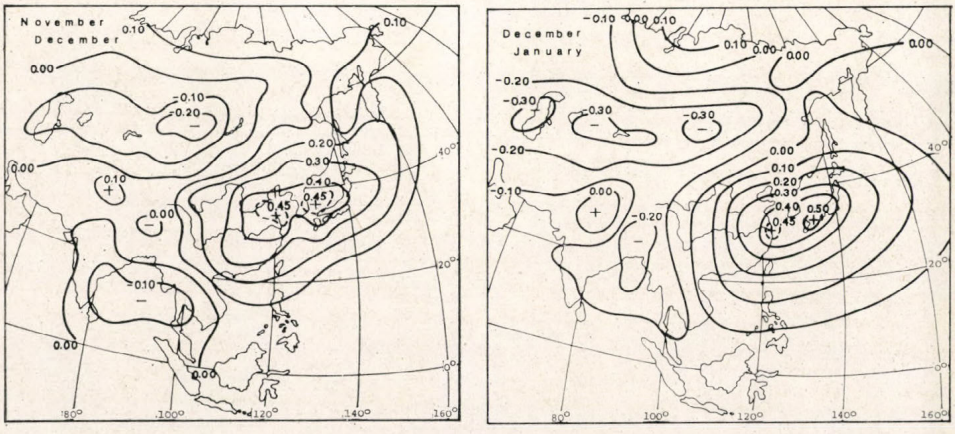


Fig. 1–2: Correlation fields $r(\Delta\overline{T}, \Delta\overline{H})$ for Nov–Dec and Dec–Jan

1. *The early winter period.* For the early winter period we shall analyze the isocorrelate fields in Nov–Dec and in Dec–Jan *(Fig. 1, 2)*. In this period, the spells of monsoon or break-monsoon are mainly resulted from three centers of action; the center along the coast of East Asia, the East Ural center, the Bengal center.

The spell of monsoon invasion, characterized by the negative 5-day temperature anomaly, is related mainly to two positive correlative centers neighbourly located the one at the coastal region of Shantung (China) and the other at the eastern coast of the Korean Peninsula. These two positive centers and the configuration of the isocorrelates have shown objectively the locality of the East-Asia cyclone and the stretching of the East Asia main trough towards the southern latitudes along the South China coast during the invasion of the monsoon into the North Vietnam. Besides it is found that the negative correlative center situated at about 52 °N and 90 °E *(Fig. 1)* has shown the strengthening of the Siberian blocking high. As known [3] in winter the subtropical ridge has retreated southwards to about 10 °N, and the whole anticyclone belt is cut-off into many closed centers, one of these centers is nearly located in the south of the Indochina Peninsula and is named by South Indochina Anticyclone. The negative correlative center in the Bay of Bengal *(Fig. 1)* has reflected the tendency of westward shift of the South Indochina Anticyclone during the outbreak of the monsoon.

As for the spell of break-monsoon, characterized by the positive 5-day temperature anomaly in Hanoi, the analysis of the isocorrelate fields is contrary with the above. In this case, the positive correlation centers in the East-Asia coast have shown the weakening of the East-Asia main trough, the negative correlation centers in Siberia and in the Bay of Bengal have indicated the flatening of the Siberian blocking-high and the weakening of the South Indochina anticyclone. Such a situation, in the extreme case has leaded to the formation of a zonally stretched cyclone instead of a blocking high in Siberia and a trough in the Bay of Bengal instead of an anticyclone cell.

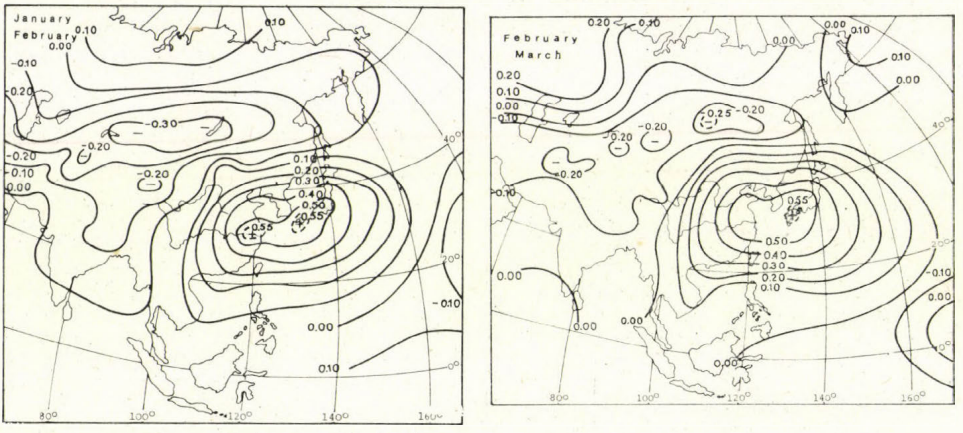


Fig. 3 – 4: Correlation fields $r(\Delta\overline{T}, \Delta\overline{H})$ for Jan – Feb and Feb – March

Beside the above cited three main centers of action in the midtropospheric circulation over East-Asia and Southeast Asia to the spells of monsoon and break-monsoon in North Vietnam, we have also found the activities of the smaller upstream perturbations in the subtropical westerlies [1] shown by a weak positive correlation in Indo-Pakistan.

To Dec – Jan the centers of action appear more obviously with greater values of correlation in the centers and greater values of isocorrelate gradient. The positive centers in the coastal area of East-Asia now shift a little southwards to their quasi-stationary positions in winter: the one in the embouchure of the Tchang-Chiang river, the other in the proximity of the Kiu-siu island. The deepening and the southward shift of the East-Asia main trough stimulate the perturbations in the subtropical westerlies and form a trough along the coast of South-China and Vietnam, produce the outburst of the cold-air as pointed out earlier [1, 2]. This process is reflected objectively by the correlation field for Dec – Jan *(Fig. 2)*. In these months the blocking processes in Siberia during the outburst of the cold air are also more obviously represented by three negative correlation centers, respectively situated at about 60 °E, 80 °E and 100 °E. The positions of these three negative correlation centers are too the position of the Siberian blocking high during the spell of monsoon in Hanoi. The Bengal negative center has also greeter intensity and moves farther to the north in comparison with the situation of the Nov – Dec months. This was interpreted by the more and more intense activity of the Bengal trough in this period [1]. The secondary positive center shows that the activity of the upstream perturbations in the subtropical westerlies is more extended than earlier.

2. *The mid-winter period.* The situation in mid-winter period is shown in the isocorrelate fields for Jan – Feb and Feb – March *(Fig. 3, 4)*.

Analyzing the correlation field for Jan – Feb we find that the positive correlation centers in the coast of East Asia are now in their normal positions in the embouchure of the Tchang-Chiang river and in the proximity of the Kiu-siu island with greater intensity in the centre ($r > 0{,}55$). The trough along the coast of South China and Vietnam appears to be more prominent. The negative correlation center in Siberia, showing the blocking process, preserves the same intensity at centre as in Dec – Jan, but now the axis of the closed

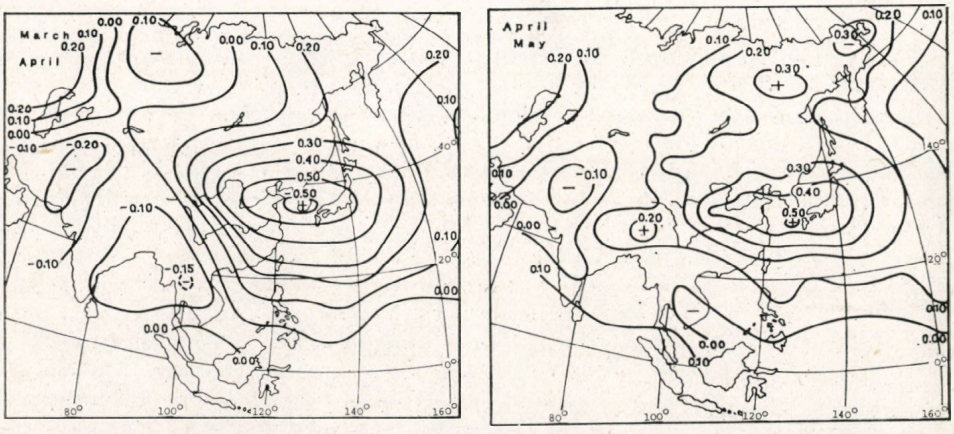


Fig. 5 – 6: Correlation fields $r(\Delta\overline{T}, \Delta\overline{H})$ for March – Apr and Apr – May

isocorrelates is more meridionally inclined than earlier. Moreover, the negative correlation center situated at about 70 °E has shifted southwards, this proves that the blocking processes are produced by the warm ridges originated from the Arabian Sea [1].

In Jan – Feb the perturbations in the subtropical westerlies from the Indo-Pakistan shift downstream to their semi-permanent positions situated about 90 °E [1], this is reflected in the correlation field of Jan – Feb; we find that the negative correlation area in Bengal is now widened, this again proves that the Bengal trough plays an important role in the warm spell in the North Vietnam in winter (break-monsoon period) as pointed out earlier [1].

In the following period of Feb – March the situation of the isocorrelate field is analogous to that of Jan – Feb, but we have already found the symptom of the weakening of the Siberian blocking high by the decrease in intensity in the Siberian correlation center.

3. *The late winter period.* The correlation fields $r(\Delta\overline{T}, \Delta\overline{H})$ in March – Apr and in Apr – May *(Fig. 5, 6)* are used to analyse the situation in the late winter. In this period, the positive correlation center in the coastal area of East Asia continues to be existed, but with greater intensity at centre, and shifts somewhat farther to the north near the Korean Peninsula. The South China trough still distinctly appears, but its position is displaced easter to the sea, this shows that the path of the cold anticyclone is rather eastward than southward.

To the period of March – Apr *(Fig. 5)* the Siberian blocking high situation obviously changes by nature. We can see the clear distinction between the blocking high in the middle latitudes (in the westerlies) and the warm ridge

developed from the Arabian Sea and stretched to the Tibetan Plateau. The negative correlation center (the blocking high center) shifts northwards to about 62 °N in accordance with the northward shift in the spring of the westerlies of the middle latitudes. Moreover it exists only one center of blocking in 60°E, this means that the area where occurs the blocking situation is becoming restricted. The warm ridge developed from the Arabian Sea and stretched to the Tibetan Plateau now becomes a separate system with a negative correlation center in the west of the Tibetan Plateau. The formation of the Tibetan upper warm ridge is the symptom of the transition from the winter situation to the summer one [3]. In addition, in these months the negative correlation center in the Bay of Bengal rests unchanged in position.

In the period of Apr – May *(Fig. 6)*, the transitional months from the winter situation to the summer one, at first view we discover that the correlation field does not retain its systematic structure. The positive correlation center in the coast of East Asia attenuates its intensity and is elongated along the zonal direction, this means that the activity of the meridional circulation is weakening, the South China trough does not stretch southwards to Vietnam. In the Far East of USSR the activity of the small moving perturbations is represented by a series of secondary positive correlative centers. The blocking high situation of Ural is almost broken down, as for the warm ridge of the Tibetan Plateau, it continues to persist. In view of the fact that in the late winter the subtropical westerlies is weakening and moving northwards [1], we can see *(Fig. 6)* the negative correlation center in the Bay of Bengal, representing the formation of the Bengal trough during the break-monsoon in North Vietnam, now vanishes. We note a new emerged secondary positive correlation center in the subtropical westerlies at about 90 °E, this center shows the connection between the spell of cold monsoon in Hanoi and the smaller trough in the subtropical westerlies. In this time the upper air circulation in the north of the Indochina Peninsula is almost zonal, therefore the activity of cold air is decreasing. For the spell of warm weather of the break-monsoon, this Indo-Birman secondary positive correlation center may prove the filling up of the Bengal trough during the translational period from winter to summer, as pointed out earlier [1].

Moreover, we can see that in Apr – May *(Fig. 6)* a region of negative correlation occurs in the south part of the Indochina Peninsula, this may be conceived as the result of the northward migration of the intertropical convergence zone in this time to this region during the spell of the break-monsoon.

III. *Conclusions*

In the previous works [1, 2], the author has determined the quasi-permanent centers of action in the subtropical westerlies and classified the upper air flow patterns in Southeast-Asia. Nevertheless, as pointed out in these works, the formation of these quasi-permanent centers of action is partially due to the inducing effect of the systems in higher latitudes, for example the South China trough is induced by the East Asia main trough, the small upstream troughs in the subtropical westerlies in Indo-Pakistan are resulted in the breakdown of the blocking situation of Ural. Therefore, in the investigation of the monsoonal phenomena of the tropical area we need throw our glance farther out of the tropics. The use of the correlation fields to relate the spells of

monsoon and break-monsoon in winter in North-Vietnam to midtropospheric circulation over East Asia and Southeast Asia has allowed us to determine the different centers of formation of troughs and ridges over a greater area, and therefore to extend the results in [1, 2].

The results of this work lead to the following:

1. For the monsoon and the break-monsoon processes in winter in North Vietnam, we find three main centers of action in the midtropospheric (500 mb level) circulation over East Asia and Southeast Asia:

a) The East-Asia coast center
b) The East Ural center
c) The Bengal center

2. The East Asia coast center of action, characterizing the southward stretching of the East Asia main trough, is activated throughout the winter half year (from Nov to Apr), has strong intensity and systematic structure in Jan – March. In the early winter period (Nov – Dec) and the late winter period (Apr – May) this center has weaker intensity, and the air flow appears to be more zonal.

3. The Siberian blocking situation in the period of Nov – Jan is built up at about 40 °N and is zonally extended from 60 °E to Baikal. To Feb – March the blocking high shows to be more meridionally and is linked with the warm ridge developed from the Arabian sea. To Apr – May, the blocking situation is almost broken down and is replaced by the small moving trough situation.

4. In Nov – Dec the Bengal center represents the subtropical anticyclone cell during the spell of monsoon, to Jan – March it represents the formation of the Bengal trough during the break-monsoon spell. To the late winter period (Apr – May) the negative correlation center in Bengal disappears and we find a secondary positive correlation center in the subtropical westerlies in Indo-Birman showing the acvtiity of the small upstream troughs during the spell of monsoon.

REFERENCES

[1] *Vu Bói Kiêm (1967):* The quasi-permanent centers of acition in the subtropical westerlies, *Időjárás*, 71 évf., 1. sz.

[2] *Vu Bói Kiêm (1967):* Some types of quasi-stationary flow patterns in the subtropical westerlies in winter over Southeastern-Asia, *Időjárás*, 71 évf., 4. sz.

[3] *Vu Bói Kiêm (1976):* On asiatic monsoon, *Időjárás*, 80 évf., 4. sz.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 82. évf. 6. szám. 1978. *nov.—dec.*
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 82. No 6 Nov—Dec 1978 Budapest

Sulphur Budget in the Region of Cracow

S. KASINA, *Research Institute for the Environmental Development, Cracow Branch*

A légköri kénháztartás Krakkóban. A szerző egyszerű modell segítségével vizsgálja Krakkó területén a kénháztartást. A kén-dioxid emissziót a tüzelőfogyasztás és a kéntartalom adatok alapján számította ki. A légkör kéntartalmát a talajközelben végzett 24 órás kén-dioxid és szulfátrészecske koncentráció mérések alapján határozta meg. A mért adatok alapján megállapította, hogy városokban a mérhető szulfátrészecske koncentráció a kén-dioxid koncentrációnak évi átlagban mintegy 5—10 százaléka. Az alsó 50 méteres légrétegben található kénmennyiség a kibocsátott emissziónak 2 százalékát tartalmazza. A kénvegyületek nedves ülepedését közvetlenül mérte, a száraz ülepedést irodalmi adatok alapján vette figyelembe. Végkövetkeztetése szerint a Krakkó területén kibocsátott kénszennyeződés 40 százaléka ülepedik le a terület határain belül.

*

Баланс серы атмосферы в Кракове. Баланс серы анализируется автором для района г. Краков при помощи простой модели. Выброс двуокиси серы был подсчитан по данным о содержании серы и о расходе топлива. Содержание серы в атмосфере было определено по приземным суточным измерениям концентрации двуокиси серы и сульфатных частиц. Данные измерений показали, что в городах измеряемая концентрация сульфатных частиц составляет в годовом среднем 5—10 процентов от концентрации двуокиси серы. Количество серы, содержащееся в нижнем 50 м-овом слое воздуха содержит 2 процента от всего выброса. Мокрый фоллаут непосредственно измерялся, а сухой фоллаут был учтен по литературным данным. В результате проведенных исследований автор приходит к выводу о том, что 40 процентов от всего выброса серы в районе г. Краков осаждается в пределах района.

*

Investigations of air pollution in the region of Cracow are based, in agreement with contemporary tendencies, on the multifunctional block diagram and the scheme for calculation of the budget of air pollutants. Emission, transmission, chemical and physical transformation of pollutants in the atmosphere as well as the processes of removing the pollutants from the atmosphere are included in this block diagram (*Kasina* et al., 1978). The budget of air pollutants with reference to sulphur was the subject of research as early 1950's (*Meetham*, 1950). Recently this problem has been developed intensively and several budgets have been presented: (*Smith* and *Jeffrey*, 1975), (*Eliassen*, 1977), (*Mészáros* and *Várhelyi*, 1977).

1. *The scheme for calculating the sulphur budget*

To represent the budget of air pollutants in the given region consider the equation:

$$C = E + G - L - D$$

With reference to sulphur compounds the symbols have the following meanings:

- C the content of SO_2-S, SO_4-S in the atmosphere above experimental area
- E the emission of sulphur
- G the flux of SO_2-S, SO_4-S into the given region i.e. the gain of sulphur by advection of air masses
- L the flux of SO_2-S, SO_4-S out of the given region i e. the loss of sulphur by advection of air masses
- D the total deposition SO_2-S, SO_4-S

The content of SO_2-S, SO_4-S in the given layer of the atmosphere can be calculated from the equation:

$$C(t) = \frac{1}{V} \iiint C(x, y, z, t)\, dx, dy\, dz = \frac{m}{V}$$

where m is the mass of SO_2-S, SO_4-S, V is the volume of air mass.

2. *Experimental results*

The Cracow region is a territory of 3254 km² (ca. 60×54 km). Only measurements of SO_2 and sulphate concentrations have been carried out as these pollutants are the predominant forms of atmospheric sulphur. The network for measuring the ground level SO_2 concentrations consists of over thirty stations and in eight of them sulphate concentration is measured. Daily sampling has been used. Sulphur dioxide is determined by the well – known West Gaeke method. Sulphate concentration in aerosol as well as in precipitation is determined by the titrimetric thorin method (*Yamamura* and *Fritz*, 1965, *Hryniewicz* and *Oliwa*, 1970). Chemical composition of precipitation is determined at four points. Each sample is also collected daily and precipitation collector is not closed when the rain is over. Collectors are cleaned every day.

A comparison of the six years of SO_2 concentrations, 1971–1977, shows that average concentrations fluctuated during this period depending on meteorological parameters, mainly: circulation type, temperature and wind speed. In unfavourable meteorological circumstances e. g. the winter season 1975/6 average SO_2 concentration in the city areas was 135.8 $\mu g\, m^{-3}$ as compared with 111.0 $\mu g\ m^{-3}$ measured during more favourable situation in the winter 1973/4. The high sulphur dioxide concentrations measured in the city area during winter seasons are due to a considerable degree to emission of SO_2 from individual heating system. The yearly mean concentrations of sulphur dioxide show wide spatial variations. Outside the city the lowest mean winter SO_2 concentration 15.6 $\mu g\ m^{-3}$ has been reported.

Measurements of sulphur aerosol in the extended network (eight points) were initiated in January 1977, thus data of this year were used for the calculation of sulphur budget. In contrast with SO_2 concentration there is as a rule no big difference in spatial distribution of sulphate concentration. Mean yearly value of sulphate ca. 10–20 $\mu g\ m^{-3}$ is typical for large areas. The ratio of the

mean aerosol sulphate to the mean sulphur dioxide concentration ca. 5 – 10 per cent is typical for the most polluted city areas. However, at some sites outside the city the sulphate concentrations are comparable with those of the sulphur dioxide.

Concentrations of SO_2 on the level of 100 m, as hourly values, were measured only during three aircraft flights on 11 June 1976. The obtained results were about twice as large as ground level values. Assuming that ground level concentration of SO_2 and SO_4^{2-} are typical for the layer 0 – 50 m one can calculate that in this layer the mean yearly steady – state content of sulphur, i. e. the content of sulphur in the conditions of flux and deposition, amounts to only 1.70 per cent with reference to the emitted sulphur from anthropogenic sources in the region of Cracow. The emission of SO_2 to the atmosphere in 1977 has been estimated, from fossil fuels consumption statistics and sulphur contents, to be as large as 9×10^4 ton S. Generally, little deviation from this value has taken place in the past few years. Emission of sulphur compounds from biological decay has not been considered. In order to estimate the gains and losses of sulphur compounds by advection of air masses measurements on the higher levels in the atmosphere are needed. Measurements of sulphur compounds concentrations in the atmosphere from aircraft which were carried out in the frame of the OECD programme on long range transport of air pollutants show that transport of sulphur takes place mainly in the lowest 2 km of the atmosphere and maximum concentrations have very often been observed at heights of several hundret metres (NILU, 1976). In Moscow where concentrations of several pollutants are measured at four levels of TV-tower (1.5, 147, 269 and 377 m) the biggest concentration of SO_2 is registered mainly at the height of 147 m *(Petrenko*, 1977).

The sulphur budget of a region is determined finally by wet and dry deposition. In the Cracow region the four precipitation chemistry stations have been operated since January 1975. Regular meteorological stations are used as sites. The generalized pattern of mean annual precipitation illustrates that the amounts of precipitation are not highly variable spatially. Sulphur compounds removed from the atmosphere with precipitation have been determined as SO_4^{2-} ions. The obtained results of sulphate refer to rain and washout processes. At inland stations the sea salts generally contribute less than 10 per cent of the total sulphate *(Dovland* et al., 1976). The results of wet deposition of sulphate are increased as a result of dry deposition, as collectors are open all the time. Thus further research in this field is being carried out. It has been found that there exists a negative correlation of the sulphate concentration in precipitation and the amount of precipitation. The deposition of sulphate by precipitation is obtained by multiplying the concentration of SO_4^{2-} by the amount of precipitation. The spatial distribution of sulphate in precipitation is similar during each of three years 1975 – 1977. The yearly mean isopleths for the period January 1975 – December 1977 were spatially in the range 2.00 – 3.00 as S g m^{-2}. The field of precipitation in the above mentioned period was typical for a long term period with reference to the amount of precipitation as well as amount of hours with precipitation (679 mm and 1479 h compared to 620 mm and 1454 h). Input of sulphur as wet deposition in the region of Cracow is equal to 8.5×10^3 ton S per year i. e. ca. 10 per cent with reference to the emitted sulphur in this region.

Direct measurements of dry deposition of air pollutants are not made yet on a routine basis. However, several methods in this field are being developed

(Unsworth, 1976). Thus, in contrast with the method of wet deposition, less straightforward methods for measurement of dry deposition in field conditions are being used. In our investigations, patterns for the dry deposition of sulphur dioxide and sulphate were therefore estimated using measured concentrations of these pollutants near ground and their deposition velocities taken from literature data. The mean SO_2 deposition velocity of 0.8 cm s^{-1} obtained in field experiments over grass *(Garland et. al.,* 1974) is very often used for bigger areas. This data was accepted in our research. The calculated dry deposition of SO_2 for the whole Cracow region is 2.18×10^4 t S per year.

TABLE I. – I. TÁBLÁZAT

The preliminary sulphur budget in the atmosphere—ground system in the region of Cracow
Elsődleges kénháztartás a légkör—talaj rendszerben Krakkó környékén

	t S $year^{-1}$ for the whole region	t S $km^{-2}year^{-1}$
Emission	9.0×10^4	27.65
Steady – state content in the layer 0 – 50 m	1.5×10^3	
Wet deposition	8.5×10^3	2.61
Dry deposition	2.73×10^4	8.38
Total deposition	3.58×10^4	10.99

Theoretical calculations of deposition velocities for typical aerosols diameter 0.1 – 1 μm are about $10^{-2} - 10^{-1}$ cm s^{-1} *(Chamberlain,* 1975*)*. But there is some controversy over validity of theoretical values. *Wesely* et. al. (1977) found deposition velocities in the order of 1 cm s^{-1} for aerosol in the size range 0.1 – 1 μm. At high humidity and in mist and fog particles may grow as a result of aggregation or condensation. The large fraction of particles has a much shorter residence time than the submicron fraction. It has been found in the region of Cracow that calcium sulphate exceeds ammonium sulphate *(Manecki,* 1974) and the calcium emitted to the atmosphere as well as the calcium derived from soil belongs to larger fraction. Thus dry deposition of sulphate was estimated using deposition velocities 0.1 cm s^{-1} and 1 cm^{-1} respectively. The larger value 5.5×10^3 t SO_4 – S for the whole region per year has been taken into consideration. *Table I* summarizes the obtained results of the sulphur budget in the atmosphere – ground system.

It is seen from this table that dry deposition is ca. 3 times larger compared to wet deposition. Total sulphur deposition amounts to ca. 40% with reference to the emitted sulphur in the region of Cracow.

3. *Concluding remarks*

Presented budget of sulphur compounds requires further data e. g. empirical deposition velocities of SO_2 and SO_4, gains and losses of sulphur compounds by advection of air masses. There is need to determine seperately input of sulphur compounds as well as of other pollutants to forest and water ecosystems, agricultural crops and city buildings.

REFERENCES

Chamberlain A. C. (1975) The movement of particles in plant communities in vegetation and the atmosphere. Vol. 1, ed. J. L. Monteith, Academic Press, London.

Dovland H., Joranger E. and *Semb A.* (1976) Deposition of air pollutants in Norway, in Impact of acid precipitation on forest and freshwater ecosystems in Norway, ed. F. H. Braekke, Res. Rept. FR6, SNSF. Oslo – Ås.

Eliassen A. (1977) The long range transport of sulphur described by one layer trajectory model. Int. symposium on meteorological aspects of atmospheric pollution. 11 – 19. March. Leningrad.

Garland J. A., Atkins D. H. F., Readings C. J. and *Caughey S. J.* (1974) Deposition of gaseous sulphur dioxide to the ground. *Atmospheric Environment* 8, 75 – 79.

Hryniewicz R., Oliwa L. (1970) Oznaczanie siarczanów w pyłach atmosferycznych i opadach. Ochrona Powietrza 6.20 – 24.

Kasina S., Lewinska J. and *Kwiek J.* (1978) Model imisji zanieczyszczen atmosferycznych z uwzględnieniem interakcji z podłożem. Publikacje materiałów konferencyjnych nt. ochrony środowiska w Makroregionie Płd. – Wsch. Tarnów.

Manecki A. (1974) Z badan mineralogicznych składu fazowego pyłów atmosferycznych Krakowa. Komunikaty z posiedzen Komisji Nauk Mineralogicznych PAN. Kraków.

Meetham A. R. (1950) Natural removal of pollution from the atmosphere. *Quart. J. R. Met. Soc.* 76. 359 – 371.

Mészáros E. and *Várhelyi G.* (1977) An attempt to estimate the continental sulphur emission on the basis of atmospheric measurement. *Atmospheric Environment* 11. 169 – 172.

Norwegian Institute for Air Research (1976) Private communication.

Petrenko V. K. (1977) On the investigations of vertical distribution of impurity concentration by observations from the Ostankino TV. Int. symposium on meteorological aspects of atmospheric pollution. 11 – 19 March. Leningrad.

Smith F. B. and *Jeffrey G. H.* (1975) Airborne transport of sulphur dioxide from the U. K. *Atmospheric Environment* 9. 643 – 659.

Unsworth M. H. (1977) Dry deposition of gases and particles to vegetation: A review. Workshop on methods in acid precipitation studies. 19 – 23. Sept. Edinburgh.

Wesely M. L., Hicks B. B., Dannevik W. P., Frisella S. and *Husar R. B.* (1977) An eddy correlation measurement of particulate deposition from the atmosphere. *Atmospheric Environment* 11. 561 – 563.

Yamamura S. and *Fritz J.* (1955) Rapid microfiltration of sulphate. *Analyt. Chem.* 27. 1461 – 1464.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 82. évf. 6. szám, 1978. nov—dec.
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 82 No. 6. Nov—Dec 1978 Budapest

A hidrosztatikai instabilitás fő tipusai és a konvektív mozgások kitüntetett módozatai a légkörben

GÖTZ GUSZTÁV, *Központi Meteorológiai Intézet, Budapest*

The Main Types of Hydrostatic Instability and the Preferred Modes of Convective Motion in the Atmosphere. A survey of results of the theoretical studies dealing with the preferred modes of convective motion depending on the main types of hydrostatic instability of the atmosphere is given. When the stratification is absolutely stable, perturbations lead to damped gravity oscillations whose frequency is the Brunt-Väisälä frequency. In an absolutely unstable layer heat is transported vertically by circulations which are organized in the form of Bénard cells (Rayleigh convection). In a conditionally unstable atmosphere the preferred mode of motion is represented by the penetrative convection; the preferred cell size and the area ratio of the ascending region to the descending one highly depend on the specific selection hypotheses adopted in the different theoretical studies.

*

Основные типы гидростатической неустойчивости и характерные формы конвективный движений в атмосфере. Дается обзор результатов теоретических исследований, направленных на изучение характерных форм конвективной циркуляции, связанных с различными типами гидростатической неустойчивости. В атмосфере с абсолютно устойчивой стратификацией возмущения вызывают затухающиеся колебательные движения (гравитационные колебания), частота которых выражается частотой Brunt-Väisälä. В абсолютно неустойчивом слое вертикальный перенос тепла осуществляется циркуляцией вида ячеек Бенара (конвекция Рэлея). В условно неустойчивой атмосфере характерной формой движения является проникающая конвекция. Для характерных размеров ячеек, а также для взаимоотношения диапазонов восходящего и нисходящего потоков, теоретические исследования дают различные величины, в зависимости от принятых условий селекции.

*

A légköri mozgásformák családjában fontos helyet foglalnak el azok a vízszintes tengely körüli cirkulációk, amelyek — kialakulásukat tekintve — a függőleges menti labilis tömegelrendeződésre (a légoszlop hidrosztatikailag instabilis állapotára) vezethetők vissza. Ezt a mozgásformát, amelyet 1—10 km-es nagyságrendű térbeli méret és 0,5—1 órás tartamú életciklus jellemez, *konvektív mozgásnak* (vagy egyszerűen *konvekciónak)* nevezzük. Mivel a hidrosztatikai instabilitás a nyugalomban levő (álló) légkörben a vertikális mentén ható két erő — a **g** (látszólagos) gravitációs erő és a **P** bárikus gradiens erő — kiegyensúlyozatlanságának a következménye, az elméleti meteorológiában az instabilitásnak ezt a típusát *gravitációs instabilitásnak*, az eredő mozgásformát pedig *belső gravitációs hullámoknak* is szokták nevezni.

A konvektív mozgások jelentősége három nézőpontból is megvilágítható. *Hidrodinamikai szempontból* ennek a mozgásformának a kialakulása az az első

közvetítő mechanizmus, amelynek révén a napsugárzás hőenergiája a légkörben kinetikus energiává transzformálódik, illetve a kinetikus energia a súrlódásos disszipáció ellenére megmarad. *A légkör energiaháztartása szempontjából* ez az a mozgásforma, amely az impulzus, a hő és a vízgőz vertikális transzportjának jelentős hányadát lebonyolítja. *A lokális időjárás alakulása szempontjából* pedig ehhez a mozgásformához kapcsolódik a vertikális felépítettségű (cumulus) felhők képződése, a zivatarok és a rendezettség még magasabb fokát mutató cirkulációk (instabilitási vonalak, multi-cellás és szuper-cellás nagy konvekciós rendszerek) kialakulása. Végül, ha negyedik nézőpontként *a modellező meteorológus szempontját* is említeni kívánjuk: a konvektív mozgásforma az, amely a légkör viselkedésének alapvetően nem-lineáris természetét meghatározza.

A konvektív mozgások *fenomenológiai leírása* (az egyszerű zivatarcellának és a nagy konvekciós rendszerek különböző típusainak fizikai-kinematikai modell-szerkesztése) a második világháborút követően — elsősorban a radartechnika fejlődésének köszönhetően — számottevő előrehaladást mutatott. Ugyancsak figyelemre méltó sikert vallhat magáénak az *individuális konvektív elemek fejlődésének dinamikai modellezése;* ezen a területen a felhőfizikai mikrofolyamatok és a felhődinamikai makro-folyamatok kölcsönhatásának a szisztematikus kezelése jelentette az utolsó évtized kiemelkedő előrelépését.

Mindmáig számos megoldatlan problémával találjuk azonban szemben magunkat, ha azt a kérdést tesszük fel : hidrodinamikailag miként okolhatók meg a konvektív mozgásoknak azok a kitüntetett makro-módozatai, amelyek vizuálisan, vagy a radar-, illetve műholdképek alapján egyértelműen felderíthetők és leírhatók. Az oszcillációs és cirkulációs mozgások elmélete erre a kérdésre csak meglehetősen általános választ ad *(Godske, Bergeron, Bjerknes* és *Bundgaard,* 1957*)*: horizontális irányban végtelen kiterjedésű, két horizontális felülettel határolt hidrosztatikailag instabilis folyadékrétegben a konvektív cirkulációk magasságának egyenlőnek kell lennie a két határoló felület közötti távolsággal, a cellák horizontális mérete azonban tetszőleges lehet, azaz a cirkulációk különböző alakzatai létezhetnek. Minthogy a különböző alakzatú cirkulációs mozgásokhoz az amplitúdó növekedésének (pontosabban a növekedés q intenzitásának) más és más értékei tartoznak, ezért ha egy általános perturbáció hatására az instabilis folyadékrétegben egyidejűleg különböző alakzatú cirkulációk indulnak meg, végülis feltételezhetően azok fognak dominálni, amelyekre q maximális. Mivel pedig q azokra a cirkulációkra maximális, amelyekben a passzív elmozdulások minimálisak, ennek a *szelekciós feltételnek* az alapján a mozgás kitüntetett módozatának a következő *szelekciós elvére* jutunk: hidrosztatikailag instabilis folyadékban a tömeg átrendeződését kitüntetetten a kis passzív horizontális elmozdulásokkal rendelkező „magas" cirkulációs rendszerek bonyolítják le. Minthogy viszkózus folyadékban az igen magas cirkulációkat az erős nyírómozgások miatt a súrlódás számottevően csillapítja, abban a kitüntetett cirkulációs módozat valamivel laposabb lesz. Végül, mivel a cirkulációknak a vízszintes mentén az egész folyadékteret ki kell tölteniök, a cirkulációs cellák horizontális vetülete kör alakú nem lehet. Minthogy a súrlódás szempontjából a „legsimább" határt a hatszög jelenti, a fenti szelekciós elvet kiegészíthetjük azzal, hogy a cirkulációs rendszerek horizontális vetületei kitüntetetten szabályos hexagonok.

A dolgozat következő részében azt vizsgáljuk, hogy milyen szelekciós elvek jutnak érvényre a légkörben a hidrosztatikai instabilitás különböző típusai esetén.

A hidrosztatikai instabilitás fő típusai

A légkör vertikális rétegződésének hidrosztatikai egyensúlya a legegyszerűbben az ún. *részecske-módszer* segítségével analizálható. E módszer szerint a légoszlop individuális elemének a függőleges irányú perturbációkkal szemben tanúsított viselkedése alapján az egyensúlyi helyzet három fő típusa különböztethető meg:

– *abszolút stabilitás*, amelynek feltétele, hogy $\gamma < \Gamma_s$ legyen;
– *abszolút instabilitás*, amelynek feltétele, hogy $\gamma > \Gamma_d$ legyen; és
– *feltételes instabilitás*, amely akkor áll elő, ha $\Gamma_d > \gamma > \Gamma_s$,

ahol γ a geometriai vertikális hőmérsékleti gradiens, Γ_d és Γ_s pedig a száraz- illetve nedves-adiabatikus individuális hőmérsékleti grandiens.

A légoszlop hidrosztatikai instabilitásának különböző típusaihoz a konvektív mozgásforma különböző kitüntetett módozatai tartoznak; a következőkben ezeket tekintjük át.

A konvektív mozgásforma kitüntetett módozata abszolút stabilis rétegződés esetén

Abszolút stabilis rétegződés esetében a vertikális irányú perturbáció következményeként elmozduló levegőelemre új környezetében egy olyan $\mathbf{g} + \mathbf{P} \neq 0$ erő hat, amely az elemet eredeti helyzetének elfoglalására kényszeríti vissza. Ezt az erőt a fizikában *felhajtó erőnek* nevezzük, amely ebben az esetben negatív előjelű. Az eredő mozgásforma az egyensúlyi szinthez viszonyított csillapodó rezgőmozgás lesz, amelynek N frekvenciáját általánosságban az

$$N = g\sqrt{b - B} \tag{1}$$

egyenlet adja meg, ahol b a sűrűség geometriai elrendeződését jellemző barotropitási koefficiens, B pedig a levegőelem individuális sűrűségváltozását jellemző piezotropitási koefficiens, és esetünkben $b > B$. Ezt a mozgásformát *gravitációs oszcillációnak*, az (1) frekvenciát pedig *Brunt-Väisälä frekvenciának* nevezzük; fizikailag N^2 a vertikális elmozdulás távolságegységére eső felhajtó erőt jelenti.

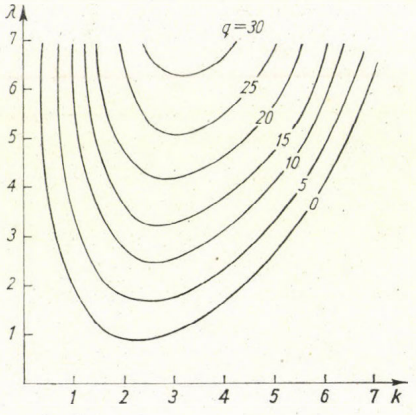
A konvektív mozgásforma kitüntetett módozata abszolút instabilis rétegződés esetén

Ha egy viszkózus folyadék vízszintes rétegét alulról egységesen melegítjük (vagy felülről egységesen hűtjük), a réteg alsó határán mért T_1 és a felső határán mért T_2 hőmérséklet közötti $\Delta T = T_1 - T_2$ különbségnek egy bizonyos kritikus értéke alatt a vertikális irányú hőcsere a molekuláris vezetésre korlátozódik: a folyadék nyugalomban marad. Ha azonban a ΔT ezt a kritikus értéket (az ún. *marginális stabilitás szintjét*) meghaladja, a molekuláris hővezetés mellett már makroszkopikus tömegátvitel is fellép: az egész folyadékréteg önálló hexagonális cellákra bomlik szét, és ezeknek a celláknak a cirkulációja szállítja a hőt alulról a folyadék felszínére. Ezt a mozgásformát, amely igazolni látszik a bevezetőben leírt szelekciós elvet, *cellás konvekciónak* hívjuk, a konvektív cellákat pedig – a laboratóriumi folyadék-kísérletek első módszeres leírójának tiszteletére – *Bénard-celláknak* nevezzük (*Bénard*, 1900a, 1900b, 1901).

A cellás konvekció problémáját elméletileg vizsgálva, *Rayleigh* (1916) kimutatta, hogy a makroszkopikus tömegátvitel megindulásának feltétele, hogy

$$Ra \equiv \frac{g\beta \Delta T h^3}{\varkappa \nu} > \frac{27\pi^4}{4} \tag{2}$$

legyen, ahol β a hőtágulási együttható, h a folyadékréteg vastagsága, $\varkappa$ a hőmérsékletvezetési tényező, ν a kinematikai viszkozitási koefficiens. A (2) egyenlőtlenség bal oldalán álló dimenzió nélküli Ra mennyiséget *Rayleigh-számnak* nevezzük, az egyenlőtlenség jobb oldalán álló szám pedig Ra kritikus értékét jelenti. Elméleti és laboratóriumi vizsgálatok egybehangzó következ-



1. ábra. Az abszolút instabilis rétegződésű légkörben kialakuló konvekció tetszőleges egységekben kifejezett q exponenciális növekedési intenzitásának izoplétái a $k\lambda$—paraméter-térben, *Ogura* (1971) nyomán

tetése szerint a $Ra > Ra_{krit}$ esetén kialakuló konvekciós cellák magasság-szélesség arányát reprezentáló hk szorzat értéke 2 és 3 között van, ahol k a horizontális hullámszám. Az instabilitási tartományt a k,λ-paramétertérben az *1. ábra* mutatja be; λ a Rayleigh-szám és a kritikus Rayleigh-szám arányát jelöli. A $q=0$ marginális stabilitási görbe fölötti szuper-kritikus tartományban a konvekciós cellák exponenciális növekedése lehetséges; jelenleg az ebbe a tartományba eső véges amplitudójú mozgások tulajdonságainak a megismerése áll az elméleti kutatások homlokterében (1. pl. *Ogura*, 1971).

Az elmúlt évtizedek során számos próbálkozás történt a Rayleigh-féle stabilitási problémának a légköri feltételekre való kiterjesztésére. *Jeffreys* (1930) nyomán például kimutatható volt, hogy a molekuláris mozgás és a turbulencia eredő hatását súrlódásként tekintve, s a $\varkappa$ és ν molekuláris koefficienseket azoknak a légkörre vonatkozó „örvényes" megfelelőivel helyettesítve, $h > 20$ m-es rétegvastagságokra a konvektív cirkulációk kialakulásának (2) feltétele az abszolút instabilitás $\gamma > \Gamma_d$ feltételébe megy át (1. pl. *Götz* és *Szalay*, 1973; *Götz*, 1975). Nagymértékben inspirálta ezeket a vizsgálatokat az a körülmény, hogy az első meteorológiai mesterséges holdak televíziós felvételei az óceánok fölött a konvektív felhőzet meglepően magas fokú, a cellás konvekció szerkezetéhez hasonló mezo-skálájú rendezettségét tárták fel (*Krueger* és *Fritz*, 1961). A légköri Bénard-cellák azonban a mérések szerint a laboratóriumi-elméleti celláknál egy-két nagyságrenddel laposabbak: ezekre a cellákra a hk szorzat $10^{-1} - 10^{-2}$ közöttinek adódott. Az elméleti vizsgálatok ezt az eltérést az örvény-viszkozitás koefficiensének légkörbeli szélsőséges anizotropiájával,

illetve a légkör termikus határrétegének speciális szerkezetével igyekeznek magyarázni (1. pl. *Sasaki*, 1970).

A konvektív mozgásforma kitüntetett módozata feltételesen instabilis rétegződés esetén

Mivel a légkörben a perturbáció szerepének betöltésére alkalmas hatások (ún. *triggerek*) — elsősorban a szélmező szub-szinoptikus skálájú vergenciájából származó emelőmozgások formájában — állandóan jelen vannak, abszolút instabilitás a szabad légkör jelentősebb vastagságú rétegeiben nem alakulhat ki, illetve tartósan nem maradhat fenn. Természetes légköri feltételek mellett a hidrosztatikai instabilitás kitüntetett típusa a *feltételes instabilitás*, amely kizárólag a vízgőzzel telített (tehát általában felfelé mozgó) levegőelemre jelenti a pozitív felhajtó erő megjelenését és ezért latens formában igen magas fokot érhet el.

A konvektív mozgásoknak a feltételesen instabilis rétegződés esetén kitüntetett módozatát elméletileg elsőként *J. Bjerknes* (1938) vizsgálta, majd eredményeit *Petterssen* (1939) általánosította. *Bjerknes* és *Petterssen* munkájának célja a *Refsdal* (1930) által kidolgozott *részecske-módszer* tökéletesítése volt; a kérdésnek ezt a szinoptikus analízist érintő oldalát — a hidrosztatikai egyensúly stabilitásának a *rétegmódszer* segítségével történő elemzését — a hazai irodalomban legutóbb *Götz* és *Szalay* (1977) foglalta össze. A jelen tanulmányban figyelmünket *Bjerknes* gondolatmenetének az *energetikai* vonatkozására összpontosítjuk, mivel ezen keresztül érthető meg legjobban a probléma fizikai háttere.

Tekintsük a feltételesen instabilis rétegzettségű légkörnek egy egységnyi vastagságú horizontális rétegét, amelynek kiterjedése elegendően nagy ahhoz, hogy több individuális cumulus-felhőt is magában foglaljon. Tételezzük fel, hogy a környezeti horizontális mozgás ebben a rétegben nem tart fenn netto tömeg-konvergenciát. Ha ezen kívül feltételezzük, hogy a réteg felhős tartományainak egész A_s területén egységesen a felfelé mozgó telített levegő sebessége w_s, sűrűsége pedig ϱ_s, s ugyanígy a felhőtlen térrészek egész A_d területén mindenütt a telítetlen leáramló levegő sebessége w_d, sűrűsége pedig ϱ_d, akkor a tömeg megmaradásának elve értelmében kell, hogy

$$A_s \varrho_s w_s + A_d \varrho_d w_d = 0 \tag{3}$$

legyen.

A (3) feltétellel az egységnyi vastagságú izobárikus réteg hőtartalmának $\partial Q/\partial t$ megváltozására a következő egyenlet vezethető le:

$$\begin{aligned} c_p M_s w_s [(\Gamma_d - \gamma) + (\gamma - \Gamma_s)] = \\ = c_p M_s w_s \left(1 + \frac{M_s}{M_d}\right)(\Gamma_d - \gamma) + \\ + c_p M_s w_s \left[(\gamma - \Gamma_s) - \frac{M_s}{M_d}(\Gamma_d - \gamma)\right], \end{aligned} \tag{4}$$

ahol M_s illetve M_d a felhős illetve a felhőtlen levegő egységnyi vastagságú rétegének a tömege.

A (4) egyenlet bal oldalán az adiabatikus konvekciós folyamat *egyetlen* energiaforrása: a *kondenzáció során felszabaduló hő* mennyisége áll. Ez a hő-

mennyiség természetszerűen arányos a $\Gamma_d - \Gamma_s$ különbséggel, továbbá a felhős levegő felfelé irányuló $M_s w_s$ transzportjával.

A (4) egyenlet jobb oldalának első tagja a *vizsgált réteg egészének* (tehát a felhős és a felhőtlen tartományok együttesének) *egységes melegedését* fejezi ki. Ez a hőmennyiség arányos a felhős levegő felfelé irányuló $M_s w_s$ transzportjával, és annál nagyobb, minél nagyobb a $(\Gamma_d - \gamma)$ különbség. Végül a réteg egységes melegedése arányos az $(1 + M_s/M_d)$ faktorral, amely annál nagyobb, minél szélesebbek a felhős területek a felhőtlen tartámonyokhoz viszonyítva. Normális légköri körülmények esetén a kondenzáció nyomán felszabaduló hőnek a többsége erre az egységes melegedésre használódik fel; eredményeként a rendszer egészének a súlypontja megemelődik, azaz potenciális energiája megnövekszik.

Végül a (4) egyenlet jobb oldalának második tagja *a felhős tartomány „többlet"-melegedését* fejezi ki; ez a felszabaduló latens hőnek az a része, amely a konvektív cirkulációk kinetikus energiájának a geneziséhez rendelkezésre áll. A hőmennyiség arányos a felhős levegő pillanatnyi felfelé irányuló $M_s w_s$ transzportjával, s a konvektív cirkulációk kinetikus energiája akkor és csak addig növekszik, amikor és amíg

$$(\gamma - \Gamma_s) - \frac{M_s}{M_d}(\Gamma_d - \gamma) > 0.$$

Ilyenformán az

$$\frac{M_s}{M_d} < \frac{\gamma - \Gamma_s}{\Gamma_d - \gamma} \equiv \delta \tag{5}$$

egyenlőtlenség szükséges feltétele annak, hogy a konvektív cirkulációk kinetikus energiát termeljenek. Az (5)-ből következik, hogy ha az alapállapot instabilis rétegződése gyenge fokú (annak δ mérőszáma közel zérus, azaz γ sokkal közelebb van Γ_s-hez, mint Γ_d-hez), akkor a konvekció egyetlen önfenntartó konfigurációja az, hogy $M_s/M_d \to 0$. Ez olyan keskeny felhőtartományokat jelent, amelyeket igen széles felhőtlen területek választanak el egymástól.

A feltételesen instabilis légkörben kialakuló kétdimenziós konvektív cirkulációk intenzifikálódása (a növekedés q intenzitása) a

$$\Delta t = \frac{2\pi}{g}\sqrt{\frac{\Theta\,(x_s + x_d + \frac{4L}{h}x_s\,x_d)}{(\gamma - \Gamma_s)x_d - (\Gamma_d - \gamma)x_s}} \tag{6}$$

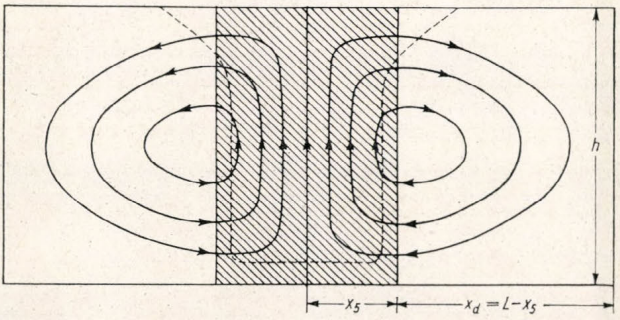
formulával jellemezhető, ahol $\Delta t = \frac{2\pi}{|N|} = \frac{2\pi}{q}$ azt az időintervallumot fejezi ki, amely alatt az amplitúdó kezdeti értékének az $e^{2\pi}$-szeresére növekszik. A (6) egyenletben Θ az alapállapot potenciális hőmérséklete, h a feltételesen instabilis réteg vastagsága, x_s a feláramlási tartomány, x_d a leáramlási tartomány, L pedig a konvekciós cella fél szélessége *(2. ábra)*, végül $|N|$ az (1) formulával definiált Brunt-Väisälä frekvencia abszolút értéke. A háromdimenziós cirkulációkra a (6)-hoz hasonló, de lényegesen bonyolultabb formula vezethető le.

Összefoglalva, *Bjerknes* analízise alapján a konvektív mozgások kitüntetett módozatának szelekciós elvét a következőkben fogalmazhatjuk meg:

a) Feltételesen instabilis rétegződésű légkörben a konvekció számos lehetséges formájának versenyében az a módozat fog végül is dominálni,

amelynél az aktív feláramlás végtelenül szűk csatornára koncentrálódik, a lefelé irányuló kompenzációs mozgás pedig széles tartományra kiterjeszkedő lassú folyamat. Az $M_s/M_d \to 0$ határesetre az (5) feltétel a telített levegő instabilitásának a részecske-módszerrel nyerhető $\gamma > \Gamma_s$ feltételére redukálódik.

b) Az azonos M_s/M_d aszimmetriával rendelkező összes konvektív mozgások közül a (6) szerint azok mutatják a növekedés maximális intenzitását, amelyeknek kicsiny a horizontális kiterjedésük ($L \ll h$), azaz amelyekben a passzív horizontális elmozdulások minimálisak.



2. ábra. A feltételesen instabilis rétegződésű légkörben kialakuló konvektív cirkuláció sematikus képe. A vonalkázott terület a telített feláramlási tartományt, a szaggatott görbe pedig a cumulusfelhő valószínű profilját jelöli

Az eddig ismertetett elvek természetesen csak súrlódásmentes mozgásra érvényesek. Mivel a végtelenül keskeny feláramlási jet-mozgások és az igen kis passzív elmozdulások esetében a súrlódásos csillapítás különösen jelentékennyé válik, viszkózus légkörben nem alakulnak ki olyan keskeny felhőtornyok, amelyek a turbulencia hatására már képtelenek fennmaradni. Mindazonáltal érvényben marad az a tény, hogy a konvektív mozgásoknak a feltételesen instabilis légkörben kitüntetett módozata alapvetően különbözik az abszolút instabilis rétegződésre jellemző módozattól: az utóbbi esetben nagyságrendileg azonos tömegek azonos sebességgel mozognak vertikális irányban; a cellás konvekció folyamatában a fel- és leáramlások nagyságrendileg azonos területeket foglalnak el. A mozgásnak a feltételesen instabilis légkörben kitüntetett formáját ezért megkülönböztetésként gyakran (a viszonylagos nyugalmi környezeten) *áthatoló konvekciónak* nevezik; elméletileg ennek a mozgásformának a kitüntetett jellegével magyarázható, hogy a légoszlop tömegátrendeződését ennél az instabilitási típusnál miért bonyolítják le kis tartományokra koncentrálódó felszálló ággal rendelkező, zivatarfolyamatokkal kísért intenzív konvekciós rendszerek.

A feltételesen instabilis rétegződés esetén kitüntetett mozgásforma elemzése a trópusi ciklonok kialakulása szempontjából

Régóta ismeretes, hogy a trópusi ciklonok fejlődésének és fennmaradásának elsődleges energiaforrása a kondenzáció során felszabaduló latens hő, s ez a hőfelszabadulás a cikloncentrum körzetében kialakuló magas konvektív felhőkben (ún. meleg tornyokban) következik be (*Götz*, 1976). Csábító gondolat tehát, hogy ezeket a rendszereket a gyakorlatilag állandóan a feltételes instabilitás állapotában levő trópusi légkör speciális konvektív mozgásformájának tekintsük, s a második világháborút követően *Bjerknes* elméletének tovább-

fejlesztését két évtizeden keresztül valóban ez az elképzelés vezérelte. Az analitikus vizsgálatok a perturbációs módszer alkalmazásával indultak meg, tehát azzal a feltételezéssel folytak, hogy a konvekció amplitúdója infinitezimális marad. Ez a közelítés lehetővé tette, hogy a konvekció alapvetően nem lineáris természete lineáris problémaként, azaz zárt analitikus formában legyen kezelhető.

Kis amplitúdójú konvekció. A feltételesen instabilis légkörben kialakuló kis amplitúdójú diszturbációk elemzésének sorát *Haque* (1952) tanulmánya nyitotta meg. Alapállapotnak a nyugalom állapotát tekintette, s az analitikus vizsgálatok körén belül elsőként engedte meg azt, hogy a hidrosztatikai stabilitás a vertikális mozgás irányától függően előjelet váltson, azaz a feltételes instabilitás feltétele a problémába beépíthetővé váljon. Noha az analízis arra az eredményre vezetett, hogy a diszturbáció fejlődésének intenzitása a horizontális méret csökkenésével növekszik, *Haque* a trópusi ciklonok fejlődését a feltételesen instabilis hidrosztatikai egyensúlynak tulajdonította.

Hasonló alapelgondolásokból kiindulva *Lilly* (1960) kimutatta, hogy instabilis cirkuláció azoknak a perturbációknak az eredményeként alakul ki, amelyeknek a horizontális mérete kisebb egy bizonyos (néhány száz kilométeres) limitáló sugárnál, a növekedés maximális intenzitását pedig azok a diszturbációk mutatják, amelyeknek a horizontális kiterjedése egyenlő vagy kisebb a diszturbációk vertikális méreténél. Következésképpen a konvekciós rendszerek gyorsabban fejlődnek a mezo- és ciklon-skálájú rendszereknél. A kisebb térségű (konvekciós) mozgások gátolják a nagyobb méretű diszturbációk fejlődését, részben a nem-lineáris hőátvitel stabilizáló hatása, részben a kiterjedt kompenzációs leáramlások léte következtében. Ennek ellenére *Lilly* sem zárta ki annak a lehetőségét, hogy a trópusi ciklon fejlődése közvetlenül a feltételesen instabilis rétegződés következménye — arra építve ezt a véleményét, hogy egyéb mechanizmusok (mint például a véges amplitúdójú hatás) éppen a ciklonméretű zavarok fejlődésének kedvez.

Mivel mind *Haque*, mind pedig *Lilly* — *Bjerknes*-hez hasonlóan — a mozgást súrlódásmentesnek és adiabatikusnak tételezték fel, az instabilitás valódi kritikus értékét, illetve a perturbáció tényleges kitüntetett méretét ezekben a munkákban sem sikerült meghatározni. Eredményeik lényegében megerősítették *Bjerknes* következtetéseit, amennyiben analitikus úton is igazolták, hogy a leáramlási tartomány A_d területének a csökkenése stabilizálja a konvekciót, s a cirkulációk növekedésének az intenzitása zérus lesz, ha az $A_s{:}A_d$ arány egyenlővé válik az alapállapot instabilitásának az (5) formulában definiált δ mérőszámával. Ezen kívül nem-viszkózus esetre még az is kimutatható, hogy az amplitúdó növekedésének q intezitása x_s csökkenésével nő, s ha $x_s \to 0$, akkor

$$q \to g \sqrt{\frac{1}{\Theta}(\gamma - \Gamma_s)}, \tag{7}$$

megegyezésben a (6) egyenlettel (*Kuo*, 1961; *Yamasaki*, 1972).

A feltételesen instabilis rétegződésű légkör konvektív mozgásainak elméletét a súrlódás figyelembevételével *Kuo* (1961, 1965) fejlesztette tovább, majd pedig — függetlenítve magát a trópusi ciklonok kialakulásának kérdésétől — *Yamasaki* (1972) gazdagította.

A perturbációs módszernek a viszkozitás és a hővezetőképesség bevonásával történő tökéletesítésével *Kuo* (1961) számára lehetővé vált, hogy a mozgás kitüntetett formájának szelekciós feltételéül ne azt tekintse, amelyre

q maximális, hanem – a Rayleigh-konvekció elemzésének analógiájára – azt a formát, amely a feláramlási tartomány Ra_s Rayleigh-számának minimális $(Ra_s)_{min}$ értékénél alakul ki. Ezt az állapotot, amelyhez a konvektív cirkulációk zérus-növekedése ($q=0$) tartozik, mint már említettük, *marginális stabilitásnak* nevezzük. A marginális stabilitás esetére *Kuo* kimutatta, hogy az a $(Ra_s)_{min}$ érték, ami egy feltételesen instabilis légkörben a stacionárius konvektív mozgás fenntartásához szükséges, gyorsan nő, a feláramlás x_s mérete pedig lassan csökken, ha a leáramlási tartományban a hidrosztatikai stabilitás növekszik. A marginális stabilitás koncepciójával x_s értékének variálásán keresztül levezethető $(Ra_s)_{min}$ érték azonban csak aszimptotikusan áll be és nem felel meg a leáramlási tartomány semmiféle véges x_d értékének, azaz nem lehet egyetlen x_d értéket sem a leáramlás kitüntetett mértékeként értelmezni.

Később *Kuo* (1965) bebizonyította, hogy ennek a látszatra nem biztató eredménynek az oka a marginális stabilitásnak szelekciós feltételként való alkalmazásából fakad; amíg ez a feltétel igen hasznos a Rayleigh-konvekció elemzésénél, már alkalmatlanná válik a felhős konvekció esetében a feláramlási tartomány Rayleigh-számának a szubkritikusról a kritikus értékre történő szekvenciális átváltásai során. Ezért helyesebb a szelekciós feltételt energetikai oldalról megközelíteni, pontosabban a konvekció kitüntetett módozatának kiválasztásához azt a szuperkritikus esetekre is kiterjeszthető feltételt kiszabni, hogy bármely adott Ra_s értékre a latens hőfelszabadulás következtében generálódó hasznosítható potenciális energia százalékos aránya maximális legyen. Erre az esetre *Kuo* kimutatta, hogy egy feltételesen instabilis rétegződésű légkörben a konvektív mozgások energiafelszabadító mechanizmusának a maximális hatékonysága x_s és x_d (azaz A_s és A_d) meghatározott értékeihez kapcsolódik, továbbá, hogy szuperkritikus felhős konvekcióra

$$\frac{x_s}{x_d} = \frac{A_s}{A_d} \approx -\frac{1}{2}\frac{Ra_s}{Ra_d}, \tag{8}$$

azaz a feláramlási és a leáramlási területek aránya a feláramlási tartomány labilitásának és a leáramlási tartomány stabilitásának fokozódásával nő.

Yamasaki (1972) a kormányzó hidrodinamikai differenciálegyenletek közelítő formáit a véges-differencia-módszerrel előállítva, s a véges differencia-egyenleteket sajátérték-problémaként megoldva újra analizálta a marginális stabilitás esetét. Kimutatta, hogy mivel *Kuo* az $x=x_s$-nél elhelyezkedő vertikális felületre (a feláramlás és a leáramlás tartományát elválasztó síkra) csak a vertikális sebesség eltűnését írta elő, x_s értéke szükségszerűen nem egyértelműen meghatározott. Ha azonban erre a felületre viszkózus esetben a $\partial T/\partial x$ horizontális hőmérsékleti gradiens folytonosságát is feltételként szabjuk ki, akkor a $q=0$-hoz tartozó Ra_s és x_s értékei egyértelműen meghatározottakká válnak, s általában különbözni fognak a *Kuo* által levezetett értékektől.

Szuperkritikus Ra_s értékekre vonatkozóan *Yamasaki* (1972) vizsgálatának eredményei az alábbiakban összegezhetők:

a) Az amplitúdó növekedésének q intenzitása az alapállapot instabilis rétegződését jellemző δ mérőszám növekedésével fokozódik.

b) A q növekszik az instabilis réteg h vastagságának növekedésével.

c) A $\varkappa\nu$ szorzat növekedésével q csökken, ahol $\varkappa$ és ν a (2) egyenletben szereplő molekuláris koefficienseknek itt a megfelelő „örvényes" változatát jelentik.

d) Az x_s értéke egyértelműen meghatározott, s x_d elegendően nagy értékeire – gyakorlatilag függetlenül x_d, h és δ értékeitől – azt a $\varkappa v$ szorzat határozza meg, közelítőleg az

$$x_s \approx \sqrt[4]{\varkappa v} \tag{9}$$

formában.

e) A feláramlási tartományok közötti A_d terület alsó kritikus határa csökken, ha δ növekszik, illetve $\varkappa v$ csökken.

Véges amplitúdójú konvekció. A perturbációs módszer segítségével végrehajtott vizsgálatok egyértelműen bebizonyították, hogy a trópusi ciklonok nem tekinthetők egyszerűen a feltételesen instabilis légkör nagytérségű konvektív tömegátrendeződésének, mivel ez a rétegződés a súrlódás által megengedett legkisebb skálájú konvekciós mozgásnak kedvez. Ezt az eredményt mind *Lilly* (1960), mind pedig *Kuo* (1961) az alkalmazott módszer következményeként értelmezték, föltételezve, hogy az a feltételesen instabilis rétegződésű, de telítetlen légkör, amely ugyan stabilis a kis perturbációkkal szemben, hatalmas latens energiakészlettel rendelkezik a rendezett, véges amplitúdójú perturbációk vonatkozásában, azaz a véges amplitúdójú hatások igenis elvezetnek a trópusi ciklon keletkezéséhez. Ezzel szemben *Yamasaki* (1974) bebizonyította, hogy a véges amplitúdójú hatások alapvetően nem módosítják a konvekciónak a perturbációs módszerrel levezethető kitüntetett módozatát.

A véges amplitúdójú hatás a konvekció fejlődésének az előrehaladott stádiumában válik jelentőssé; legfontosabb következménye, mint ismeretes, az, hogy stabilizálja a rétegződést, s ezzel gátolja a konvekció további fejlődését. A véges amplitúdójú konvekció kifejlődése tehát δ és h értékének megváltozását (csökkenését) eredményezi, ami viszont – ahogy azt a perturbációs elmélet alapján várni lehet – a feláramlási tartomány méretének a megváltozását vonja maga után. *Yamasaki* (1974) számításai szerint azonban az instabilis réteg zsugorodásával és a réteg stabilizálódásával a feláramlási tartomány mérete csak igen kis mértékben (mintegy 10%-kal) lesz nagyobb a perturbációs módszerrel számított értéknél, s ez a növekedés elsősorban a konvekció alsó részére korlátozódik.

Egy másik véges amplitúdójú hatás, amelyet a perturbációs elmélet figyelmen kívül hagy, az impulzus és a hő horizontális advekciója. *Yamasaki* szerint azonban ezek a tényezők is csak csekély mértékben vezetnek a feláramlási tartomány méretének a megnövekedéséhez.

Végül érdekes kérdés az, hogy milyen befolyást gyakorol a véges amplitúdó a konvekciós cellák közötti kölcsönhatás folyamatára. A kis amplitúdójú konvekció esetében ez a kölcsönhatás a cellák egy részének a pusztulását eredményezi, a megmaradó cellák növekedése pedig felgyorsul (*Yamasaki*, 1972). A pusztulás intenzitása nem csak a konvektív cirkulációk fizikai paramétereitől függ, hanem az olyan kezdeti feltételektől is, mint a cellák közötti távolság, illetve a cellák hasonlóságának a mértéke. A véges amplitúdó – a rétegződés stabilizálásán keresztül – a kisebb cellák gyorsabb disszipációját eredményezi, *Yamasaki* (1974) azonban nyomatékosan hangsúlyozza, hogy a különbség a két eset között nem jelentős.

A trópusi ciklonok fejlődése. A fentebb vázolt eredmények tükrében jogosan merül fel a kérdés: ha a trópusi ciklon nem tekinthető a feltételesen instabilis légkörben kialakuló konvektív cirkulációk legnagyobb skálájú mozgásformá-

jának, akkor hogyan kell értelmeznünk a létét és fejlődését? A választ erre a kérdésre *Charney* és *Eliassen* (1964) adta meg; gondolatmenetük a következőkben foglalható össze. A trópusi légkör feltételesen instabilis rétegződése, azáltal, hogy lehetővé teszi a cumulonimbus-konvekció megjelenését, feltétlenül szerepet kell hogy kapjon a trópusi ciklon fejlődésében. Ugyanis mind a trópusi ciklonnak, mind a hurrikánnak a legszembeötlőbb jellemzője az alacsonyszinti konvergencia zónájában megfigyelhető hatalmas esőzés; a felszabaduló latens hő mennyisége két nagyságrenddel is meghaladja azt az értéket, ami a makro-rendszer kinetikus energiájának a súrlódásos disszipációval szembeni fenntartásához szükséges. *Charney* és *Eliassen* szerint azonban nem szabad a ciklont és a konvekciós cellát úgy tekinteni, mint amelyek ugyanazért az energiáért versengenek, mivel ebben a versenyben — a megismert elmélet értelmében — a konvekciós cellának *kell* győznie. Helyesebb ezért a két mozgásformát inkább *egymást támogató* folyamatokként felfogni; a cumulonimbus-konvekciót, mint amelyik biztosítja a hőenergiát a ciklon fejlődéséhez, a ciklont pedig, mint amely létrehozza a nedvesség alacsonyszinti konvergenciáját a cumulonimbus-cellákba.

Charney (1969) kimutatta, hogy a kölcsönhatásnak ez a típusa egy meghatározott kritikus szint fölött a *nagytérségű* mozgásforma öngerjesztését eredményezi: a ciklon exponenciálisan mélyülni kezd és rövid idő alatt hurrikán fokozatúvá fejlődhet. Ezt az állapotot — a konvektív mozgásformáért felelős feltételes instabilitástól való megkülönböztetésül — *másodfajú feltételes instabilitásnak* nevezik; mechanizmusának megismerése az elmúlt évtizedben a trópusi meteorológia egyik alapproblémájává lépett elő (*Götz*, 1976).

A feltételesen instabilis rétegződés esetén kitüntetett mozgásforma elemzése a konvektív folyamatok parametrizációja szempontjából

Ma már általánosan elfogadott nézet, hogy a makro-skálájú légköri modellek hatékonyságának számottevő növelése csak úgy képzelhető el, ha a véges differencia egyenletek numerikus integrációjához használt rácshálózattal már nem felbontható, ún. *szub-grid skálájú folyamatoknak* a nagytérségű mozgásrendszerek életciklusában betöltő energiageneráló, vagy energiadisszipáló szerepét is számításba veszik. Mivel ezek a folyamatok a modellbe explicit formában nem építhetők be, a járható út az marad, hogy kialakulásuk feltételeit időlépcsőnként az egyes rácspontok környezetében a makro-skálájú paraméterek függvényében analizáljuk, hatásukat a makro-skálájú folyamatokra pedig statisztikailag fejezzük ki. A szub-grid skálájú folyamatok kezelésének ezt a módszerét *parametrizációnak* nevezzük.

A makro-skálájú légköri folyamatok modellezése során parametrizálandó folyamatok egyik fontos csoportja a *belső dinamikai kölcsönhatások* körébe tartozó konvekció (*Götz*, 1976). A konvektív mozgásforma megfelelő parametrizációs eljárásainak a kidolgozására irányuló törekvés volt az, amelyik az elmúlt évtizedben a kutatók figyelmét ismét a feltételesen instabilis légkör kitüntetett mozgásformájának a vizsgálatára irányította. Ezek a vizsgálatok már közvetlenül a konvekció makro-módozatainak numerikus szimulációján alapulnak; közös jellemvonásuk, hogy a mozgás kitüntetett módozatát egy alkalmasan megválasztott szelekciós feltétel kiszabásával vezetik le. Az alkalmazott modellek kormányzó egyenletei megfelelő alakjának a kiválasztásához az elméleti hátteret — nagyságrendi analízisre támaszkodva — *Ogura* és *Phillips* (1962) teremtette meg.

A probléma analizisére alkalmas első cumulus-modellt – amely két koncentrikus légoszlopból áll, s a belső oszlop a feláramlás, a külső körgyűrűs henger pedig a leáramlás tartományát képezi – *Asai* és *Kasahara* (1967) szerkesztette. Ha bevezetjük a

$$\sigma = \frac{r_s}{r}$$

paramétert, ahol r_s a belső, r pedig a külső légoszlopnak a szimmetria-tengelytől mért sugara, akkor σ^2 a feláramlások tartománya és az egész tartomány területének a viszonyát fejezi ki, amelyet a *feláramlások területi sűrűségének* vagy *felhőfedettségnek* nevezhetünk. A modellel végzett számítások szerint a feláramlások csak abban az esetben maradhatnak fenn, ha

$$\delta > \frac{\sigma^2}{1-\sigma^2} \geq 0, \tag{10}$$

ami összhangban áll az (5) következtetéssel. Szelekciós feltételként azt a követelményt alkalmazva, hogy a konvektív cirkulációk a maximális felfelé irányuló érzékelhető hőátvitelt bonyolítsák le, a kompenzációs leáramlási tartomány mérete egyértelműen meghatározottnak adódott, s ebben az esetben $\sigma^2 = 5-15\%$. Ha viszont a szelekciós feltétel a maximális kinetikus energia produkciót írja elő, a feláramlási tartományok még keskenyebbek: $\sigma^2 = 4-9\%$.

Ezt a modellt később *Asai* (1967) tovább fejlesztette, s kimutatta: ahhoz, hogy a modell a feláramlási tartomány méretét is egyértelműen megadja, már nem élhetünk azzal az individuális konvektív elemek modellezésénél szokásos feltételezéssel, hogy a mozgásegyenletek horizontális komponense elhanyagolható; ez az elhanyagolás akkor válik kritikussá, amikor a konvekció horizontális mérete a vertikális méret nagyságrendjét megközelíti.

Asai (1967) modellje szerint a konvektív cirkulációk által lebonyolított vertikális hőátvitelt *fizikai paraméterek:* a leszálló légmozgás hidrosztatikai stabilitásának a foka, illetve a δ viszony, valamint a felhős levegő és a környezeti levegő keveredésének arányát kifejező ε^2 disszipációs faktor, továbbá *geometriai paraméterek:* a h magasság, az r_s sugár, a σ arány, valamint a beáramlási tartomány magasságának és a cella magasságának az aránya határozzák meg. Ha szelekciós feltételként ismét azt választjuk, hogy az így meghatározott vertikális hőtranszport maximális legyen, akkor azt kapjuk, hogy δ növekedésével σ^2 értékei, ε^2 növekedésével pedig r_s/h értékei nőnek. Ha $\varepsilon^2 = 0{,}1$, akkor $\delta = 0{,}1$-re $\sigma^2 = 3\%$, $\delta = 1$-re pedig $\sigma^2 = 15\%$ lesz.

A környezeti nagytérségű rendezett vertikális mozgások w_E mezejének hatását a konvektív felhőzet populációjára *Kasahara* és *Asai* (1967) elemezte. Szelekciós feltételük az volt, hogy a cirkulációk a kinetikus energiát a leghatékonyabban termeljék. Eredményül azt kapták, hogy $w_E = 100$ cm sec^{-1} esetén $\sigma^2 = 45\%$, míg $w_E = -10$ cm sec^{-1} mellett $\sigma^2 = 15\%$-ra redukálódik, azaz a környezeti vertikális mozgások a feláramlások területi sűrűségére jelentős hatással vannak.

Egy másik érdekes kérdés: hogyan függenek a konvektív felhőzet jellemvonásai az alulról történő egyenletes hőközlés intenzitásától? Ezt a problémát *Asai* (1968) analizálta, szelekciós feltételként azt írva elő, hogy a cirkulációknak a legkisebb γ vertikális hőmérsékleti gradiensnél kialakuló és fennmaradó formája jelenti a konvektív mozgás kitüntetett módozatát. Modell-kísérlete arra az érdekes eredményre vezetett, hogy a hőközlés intenzitásának igen széles (100—1000 cal·cm^{-2}·nap^{-1}) intervallumára *hideg levegőtömegben* (hőmérséklet

a Cu-alapnál -5 C°) $h=1$—2 km, $\sigma^2=8-12\%$ és $\gamma=8{,}1-8{,}6$ fok km^{-1}, míg *meleg levegőtömegben* (hőmérséklet a felhőalapnál $+20$ C°) $h=2-3$ km, $\sigma^2=3-6\%$ és $\gamma=5{,}5-6{,}1$ fok km^{-1}. Következésképpen homogén melegedéssel még igen intenzív hőközlés esetén sem alakul ki nagy vertikális kiterjedésű, jelentős területi fedettséget mutató konvektív feláramlás: a nagy konvekciós rendszerek kialakításában egyéb mechanizmusok is szerepet kapnak.

Mindazokban a vizsgálatokban, amelyeket eddig bemutattunk, érvényes volt a *pszeudo-adiabatikus feltétel*, holott *Byers* és *Braham* (1949), majd őket követően számos kutató kimutatta, hogy a zivatarfelhők fejlődésének kifejlett szakaszában a feláramlási csatornában kondenzálódó vízgőz leáramlási folyamatot indít meg, s abban az evaporációs hűlés az egész konvekciós rendszerre jelentős hatással van. *Braham* (1952) szerint a rendszerbe vízgőz formájában szállított víz nagy hányada a rendszeren belüli hideg leáramlás fenntartására fordítódik, s a leáramlást kísérő energia-újrarétegződés a rendszer fennmaradásának egyik fontos tényezője.

A vizsgálatok azt a tényt is feltárták, hogy a konvektív aktivitás erősebb azokban a tartományokban, ahol alacsonyszinti konvergencia uralkodik; ezekben a tartományokban ugyanis koncentráltan nagy mennyiségű vízgőz halmozódhat föl (*Newton*, 1967). De van a konvergenciának dinamikai jellegű hatása is, amelyet a nagytérségű vertikális mozgásra fejt ki, s aminek következtében az alacsonyszinti konvergencia területein a feláramlások területi sűrűsége növekszik (*Cressman*, 1946).

Hogy az említett tényezőket matematikailag is figyelembe tudja venni, *Kitade* (1972) a konvekciós modelljét nyitott rendszerként szerkesztette meg: lehetővé tette az oldalsó határfelületeken keresztüli tömegátvitel fellépését. Szelekciós feltételként ő is a marginális stabilitás elvét választotta: adott Ra_d és w_E mellett a konvektív mozgások kitüntetett típusa az, amely a legkisebb Ra_s értéknél alakul ki. Eredményül azt kapta, hogy w_E növekedésével a konvektív feláramlásoknak mind az intenzitása, mind pedig a területi sűrűsége növekszik. A w_E közepes pozitív értékei esetén a konvektív cirkulációk kisebb Ra_s értékekkel és szélesebb felhős tartománnyal rendelkeznek. A kompenzációs leáramlás a cirkulációk növekedésének intenzitását redukálja, a felhőn belüli leáramlás pedig fokozza azt. A latens hő felszabadulása révén felhasználható energiának mintegy 60%-a a kompenzációs leáramlás térrészének adódik át, ahol az potenciális energiává alakul át.

Összefoglalva az eddig bemutatott vizsgálatokat, láthatjuk, hogy a különböző szerzők általában egymástól eltérően fogalmazták meg azt a szelekciós feltételt, amelyhez a konvektív mozgások kitüntetett módozatát keresték. Érdekes elgondolással tért el ettől a szokásossá vált gondolatmenettől *Asai* és *Nakasuji* (1977), akik viszont úgy vélekedtek: a feltételesen instabilis légkör kitüntetett konvektív mozgásformája az, amely *a numerikus kísérletek során a legtöbbször előfordul*. Megállapították, hogy ha egy h vastagságú feltételesen instabilis réteg elegendően széles tartományát a kiindulási állapotban véletlenszerű, kis amplitúdójú hőmérsékleti diszturbáció éri, akkor kezdetben szabálytalan, kis méretű konvektív mozgások indulnak meg. Az idő múlásával a rendezetlenség foka csökken, s az eredő stacionárius mozgás egy sor nagyobb méretű konvekciós cellából áll, amelyet meghatározott geometriai méret jellemez. Ha a konvekciós cella méretét a vertikális sebesség szomszédos maximuma és minimuma közötti L távolsággal (a konvekció fél-hullámhosszával), a felhőfedettséget pedig a σ^2 paraméterrel jellemezzük, akkor leggyakrabban az $L=3{,}2h$ és $\sigma^2=20\%$ érték fordul elő. Összhangban a korábbi vizsgálatokkal, a nagy-

térségű rendezett feláramlás w_E sebességének növekedésével a konvekciós cella kitüntetett L mérete csökken, a feláramlások σ^2 területi fedettsége pedig növekszik. Ha $w_E = 0$, akkor δ csökkenésével (az instabilitás fokának a redukciójával) L növekszik, σ^2 pedig csökken. A w_E növekedése növeli a feláramlási tartomány méretét és csökkenti a kompenzációs leáramlás stabilizáló hatását.

A modell energiaegyenleteinek analízise arra a meglepő eredményre vezetett, hogy a korábbi szerzők által alkalmazott szelekciós feltételekhez – tehát a kinetikus energia és a hasznosítható potenciális energia genezisének maximális értékéhez, illetve a maximális felfelé irányuló hőátvitelhez – tartozó cella-méretek *nem egyeznek meg* a leggyakrabban előforduló cella-mérettel, s ezért *Asai* és *Nakasuji* (1977) szerint azok nem is tekinthetők a konvekció kitüntetett módozatainak. Ezzel szemben az általuk helyesnek vélt szelekciós feltétel (amely a leggyakrabban megfigyelhető módozatot tekinti kitüntetettnek) akkor realizálódik, amikor a feltételesen instabilis réteg potenciális energiája minimális lesz. Mivel a réteg potenciális energiája annak hidrosztatikai stabilitását jellemzi, *Asai* és *Nakasuji* a szelekciós elvet a következőképpen fogalmazta meg: feltételesen instabilis légkörben a konvektív mozgások kitüntetett módozata az a forma, amely *minimalizálja a réteg hidrosztatikai instabilitását*, azaz amelynél a γ átlagos vertikális hőmérsékleti gradiens minimális értéket vesz fel.

IRODALOM

Asai, T., 1967: On the characteristics of cellular cumulus convection. *J. Meteor. Soc. Japan*, **45**. pp. 251–260.

Asai, T., 1968: Cellular cumulus convection in a moist atmospheric layer heated below. *J. Meteor. Soc. Japan*, **46**. pp. 301–307.

Asai, T. – A. Kasahara, 1967: A theoretical study of the compensating downward motions associated with cumulus clouds. *J. Atmos. Sci.*, **24**. pp. 487–496.

Asai, T. – I. Nakasuji, 1977: On the preferred mode of cumulus convection in a conditionally unstable atmosphere. *J. Meteor. Soc. Japan*, **55**. pp. 151–167.

Bénard, H., 1900a: Tourbillons cellulaires dans une nappe liquide. I. *Rev. Gén. Sci.*, **11**. pp. 1261.

Bénard, H., 1900b: Tourbillons cellulaires dans une nappe liquide. II. *Rev. Gén. Sci.*, **11**. pp. 1309.

Bénard, H., 1901: Les tourbillons cellulaires dans une nappe liquide transportant de la chaleur par convection en régime permanent. *Ann. Chimie et Physique*, **23**. pp. 62–144.

Bjerknes, J., 1938: Saturated-adiabatic ascent of air through dry-adiabatically descending environment. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **64**. pp. 325–330.

Braham, R. R., 1952: The water and energy budgets of the thunderstorm and their relation to thunderstorm environment. *J. Meteor.*, **9**. pp. 227–242.

Byers, H. R. – R. R. Braham, 1949: *The Thunderstorm*. U. S. Government Printing Office, Washington, D. C. 287 pp.

Charney, J. G., 1969: The intertropical convergence zone and the Hadley circulation of the atmosphere. Proceedings of the WMO/IUGG Symposium on Numerical Weather Prediction in Tokyo. *Technical Report of the Japan Meteorological Agency*, No. 67. pp. III-73–III-79.

Charney, J. G. – A. Eliassen, 1964: On the growth of the hurricane depression. *J. Atmos. Sci.*, **21**. pp. 68–75.

Cressman, G. P., 1964: The influence of the field of horizontal divergence on convective cloudiness. *J. Meteor.*, **3**. pp. 85–88.

Godske, C. L. – T. Bergeron – J. Bjerknes – R. C. Bundgaard, 1957: *Dynamic Meteorology and Weather Forecasting*. American Meteorological Society, Boston, Mass. and Carnegie Institution of Washington, D. C. 800. pp.

Götz, G., 1975: A légköri konvekció mechanizmusa. *Országos Meteorológiai Szolgálat Hivatalos Kiadványai*, **39**. pp. 46–87.

Götz G., 1976: A latens hőfelszabadulás szerepe a szinoptikus skálájú mozgásrendszerek fejlődésében. Kandidátusi értekezés kézirata; megjelenik az *Országos Meteorológiai Szolgálat Kisebb Kiadványai* sorozatban.

Götz G. – Szalay G., 1973: Cellás konvekció a légkörben és néhány sajátossága az észak-atlanti térségben. *Időjárás*, **77**. pp. 12–22.

Götz G. — Szalay G., 1977: A konvektív folyamatok előrejelzésének elméleti alapjai és gyakorlati módszerei. *Meteorológiai Tanulmányok*, No. 19.

Haque, S. M. A., 1952: The initiation of cyclonic circulation in a vertically unstable stagnant air mass. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **78**. pp. 394—406.

Jeffreys, H., 1930: Instability of a compressible fluid heated below. *Proc. Cambridge Phil. Soc.*, **26**. Part 2. pp. 17—22.

Kasahara, A.—T. Asai, 1967: Effects of an ensemble of convective elements on the large-scale motions of the atmosphere. *J. Meteor. Soc. Japan*, **45**. pp. 280—291.

Kitade, T., 1972: On the convection in a conditionally unstable atmosphere with mean vertical motion. *J. Meteor. Soc. Japan*, **50**. pp. 243—258.

Krueger, A. F. — S. Fritz, 1961: Cellular cloud patterns revealed by Tiros I. *Tellus*, **13**. pp. 1—7.

Kuo, H. L., 1961: Convection in conditionally unstable atmosphere. *Tellus*, **13**. pp. 441—459.

Kuo, H. L., 1965: Further studies of the properties of cellular convection in a conditionally unstable atmosphere. *Tellus*, **17**. pp. 413—433.

Lilly, D. K., 1960: On the theory of disturbances in a conditionally unstable atmosphere. *Mo. Wea. Rev.*, 88. pp. 1—17.

Newton, Ch. W., 1967: Severe convective storms. *Advances in Geophysics*, **12**. pp. 257—308.

Ogura, Y., 1971: A numerical study of wavenumber selection in finite-amplitude Rayleigh convection. *J. Atmos. Sci.*, **28**. pp. 709—717.

Ogura, Y. — N. A. Phillips, 1962: Scale analysis of deep and shallow convection in the atmosphere. *J. Atmos. Sci.*, **19**. pp. 173—179.

Petterssen, S., 1939: Contribution to the theory of convection. *Geofys. Publ.*, **12**. No. 9.

Rayleigh, Lord, 1916: On convection currents in a horizontal layer of fluid, when the higher temperature is on the under side. *Philosophical Magazine*, **32**. pp. 529—546.

Refsdal, A., 1930: Der feuchtlabile Niederschlag. *Geofys. Publ.*, **5**. No. 12.

Sasaki, M., 1970: Influences of thermal boundary layer on atmospheric cellular convection. *J. Meteor. Soc. Japan*, **48**. pp. 492—502.

Yamasaki, M., 1972: Small-amplitude convection in a conditionally unstable stratification. *J. Meteor. Soc. Japan*, **50**. pp. 465—482.

Yamasaki, M., 1974: Finite-amplitude convection in a conditionally unstable stratification. *J. Meteor. Soc. Japan*, **52**. pp. 365—379.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 82. évf. 6. szám, 1978. nov.—dec.
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 82. No 6. Nov—Dec 1978 Budapest.

A mezo-skálájú cellás konvekció

RÁKÓCZI FERENC, *ELTE Meteorológiai Tanszék, Budapest és*
SZALAY GABRIELLA, *Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest*

The Meso-scale Cellular Convection. Bénard (1901) was the first who demonstrated in his now classical laboratory test the existence of cellular convection in a fluid heated homogeneously from below. According to the pictures taken by meteorological satellites we already know that such a phenomenon exists in the atmosphere, too, mainly in the cases when cold air is moving over the warm ocean surface, or warm air is moving over the cold ocean surface. In the first case *open* cells form, while *closed* cells are observed in the second one. The unstable stratification of the air column is assured by heating from the bottom of the sea-air system in the case of open cells and by radiative cooling in the case of closed cells. The most characteristic difference between the cells observed among laboratory circumstances and those formed in the atmosphere is the diameter-depth ratio (a measure of the flatness of the cells); this ratio is: 3:1 in laboratory circumstances and 30:1 in the real atmosphere. This result indicates a greater intensity of the convective circulations in the atmosphere when compared with the laboratory tests. The investigation of the heat fluxes occurring in cellular convection systems on the basis of 52 cases over the North-Atlantic region can be summarized as follows: *1)* In the case of meso-scale cellular convection there is an intensive interaction between the ocean and the overlying air. The atmosphere receives heat from the ocean by sensible and latent heat fluxes, the latent form of the heat flux being greater then the sensible one *(Table II). 2)* In the cases between cyclonic and anticyclonic curvature of the surface isobars, significant difference only in the sensible heat flux can be found *(Table III).* A significant difference in the sensible heat flux can also be shown during the rising and descending branch of the yearly march of the sea-surface temperature *(Table IV). 3)* Both in the latent and sensible heat fluxes one can find a tendency of organization according to latitudes: the greatest intensity of the heating process occurs in the area between 50°N—60°N latitude *(Table V).*

*

Мезомасштабная ячеистая конвекция. В настоящей работе дается короткий обзор литературы о лабораторном исследовании явлений ячеистой конвекции, об их формах и поведении в атмосфере по спутниковым изображениям. По рассмотрению 52 примеров, изучается поведение потока активного и скрытого тепла при наличии мезомасштабной ячеистой конвекции для северного атлантического пространства, при циклонических и антициклонических формах изобар, а также для периодов повышения и снижения температуры морской воды.

*

A mezo-skálájú cellás konvekció jelenségére *Bénard* (1901) laboratóriumi kísérlete hívta fel a figyelmet. Ez a kísérlet kimutatta, hogy az alulról homogén módon melegített folyadékban sajátos, cellás szerkezetű cirkuláció alakul ki és ezeket a cellákat felfedezőjükről *Bénard-celláknak* nevezték el.

A Bénard-cellák kialakulásához szükséges fizikai feltételek sokszor a légkörben is adottak, ezért a kutatók feltételezték, hogy a légkörben is vannak ilyen típusú jelenségek. Hosszú ideig azonban a légkörben való jelenlétüket

nem sikerült kimutatni. E téren döntő fordulatot a meteorológiai mesterséges holdak hoztak, ugyanis már az első mesterséges hold, a TIROS I. felvételeiből világossá vált, hogy a Föld légkörében, elsősorban az óceánok felett, a Bénard típusú cellás konvekció karakterisztikus jelenség. Fény derült arra is, hogy a felfedezésük érdekében tett korábbi erőfeszítések kudarcának az volt az oka, hogy a Bénard-féle konvekciós cellák tipikusan mezo-skálájú folyamatok, azaz a méretük olyan, hogy a lokális skálán még nem, a szinoptikus skálán pedig már nem észlelhetők.

A mesterséges holdak nyújtotta képanyag lehetővé tette a felhők mezo-skálájú cellás elrendeződésének a behatóbb tanulmányozását. Tekintettel arra, hogy a mezo-skálájú cellás konvekció megjelenésének területén a planetáris határrétegben fontos energiaátviteli folyamatok zajlanak le, tanulmányozásukat több nemzetközileg koordinált kutatási program: a GARP és az INTERKOZMOSZ munkabizottságai is javasolják. Különös hangsúlyt kap kutatásuk azáltal, hogy megjelenésük általában a meleg tengerek fölé áramló hideg légtömegekkel kapcsolatos, így markáns helyei a tenger-légkör kölcsönhatásoknak. A kezdeti minőségi leírások helyét is mindinkább az esettanulmányokon alapuló mennyiségi vizsgálatok veszik át, és az egyes tanulmányok a mezo-skálájú cellás konvekcióhoz kapcsolódó karakterisztikus időjárási jelenségeket igyekeznek meghatározni.

A cellás konvekció kutatására irányuló munkák egy része a velük kapcsolatos laboratóriumi eredmények analízisével, más része a laboratóriumi körülmények között előállított cellák és a légkörben fellépő mezo-skálájú cellás konvekció különbségeinek az indokolásával foglalkozik. Néhány tanulmányban az időjárási helyzet analíziséhez felhasználható szabályok összefoglalásáról olvashatunk.

1. *A laboratóriumi vizsgálatok eredményei*

A laboratóriumi körülmények között végrehajtott kísérletek és a velük kapcsolatos elméleti munkák nagymértékben járultak hozzá a légkörben megjelenő mezo-skálájú konvektív cellák természetének a megismeréséhez. Már *Bénard* (1901) kísérlete kimutatta, hogy instabilis folyadékban homogén melegítés révén olyan cellás konvekció állhat elő, amelynél a centrumban felfelé történő mozgás, a perifériákon pedig süllyedés tapasztalható. A képződött cellák poligonális alakúak. *Rayleigh* (1916) megállapította, hogy a Bénard típusú konvekció kialakulásához a folyadék alja és teteje között adott sűrűségkülönbségnek kell fellépnie, és ez a sűrűségkülönbség a molekuláris hővezetéssel és a viszkozitással egyenesen, a folyadék magasságának a köbével pedig fordítottan arányos.

Chandra (1938) a nyíróerő szerepét igyekezett tisztázni. Kísérleti berendezésében a nyírást vízszintesen mozgatott üveglappal biztosította. A kísérlet értékelése, amelyet részben *Brunt* (1951) végzett el, az alábbiakban összegezhető:

a) Nyírás hiánya esetén véletlen eloszlású, poligonális cellák alakulnak ki.

b) Kis nyírás esetén a poligonális cellák patkó alakú cellákká torzulnak és néha vonalakba rendeződnek.

c) A nyírás további növelésével a nyírási vektor irányára merőleges tranzverzális hengerek alakulnak ki.

d) Még tovább növelve a nyírást, a fellépő hengerek a nyírási vektorral párhuzamosakká válnak.

A laboratóriumi kísérletekből és a velük kapcsolatos elméleti vizsgálatokból még egy fontos paramétert: az átmérő-magasság arányt is meghatározták. Ez az arány a cellák átmérőjéből és a konvektív réteg vastagságából vezethető le és a konvekció intenzitásának a jellemzője. A klasszikus elmélet és a laboratóriumi vizsgálatok szerint ez az arány három az egyhez.

2. *Cellás konvekvió a műhold-felvételeken*

A mezo-skálájú cellás konvekció a meteorológiai mesterséges holdak felvételeinek egyik legszembetűnőbb jelensége. Statisztikai-klimatológiai vizsgálatok szerint elsősorban tengerek felett lépnek fel, és tipikusan „szépidő" zónákkal kapcsolatosak. Ezen kívül konvekciós cellák természetesen szárazföldek felett is előfordulhatnak, de többnyire felhőtlen formákban, mivel ekkor az alulról történő nedvességfelvételre nincs mindig mód.

A mesterséges holdak TV-kamerái által kimutatott cellás cirkulációs képek hasonlítanak a laboratóriumi kísérletekből megismert Bénard-cellákhoz, de részletesebb elemzésük során kiderült, hogy lényeges eltérések is vannak közöttük. Klimatológiai vizsgálatuk kimutatta, hogy az általános légkörzés folyamatában mindkét féltekén leggyakrabban a meridionális légcsere eredményeként, a poláris levegőnek a melegebb szélességekre történő mozgása folyamán jelennek meg. Szinoptikai azonosításuk szerint ciklonokhoz és anticiklonokhoz egyaránt kapcsolódhatnak, mégpedig általában a ciklonok hátoldalán és az anticiklonok előoldalán jelentkeznek.

A műhold-felvételen megjelenő felhőképek két jellemző formát mutatnak: nyitott cellákat és zárt cellákat.

A *nyitott cellák* túlnyomóan poligonális, vagy *U* alakú részek, néha körök, amelyeknek „nyitott" vagy kevésbé felhős a centruma. A *zárt cellák* összeállt, majdnem szimmetrikus felhőelemek, amelyeknek fedett a centrumuk és ezeket felhő nélküli gyűrűk veszik körül.

Anderson, *Ferguson* és *Oliver* (1966), valamint *Bugaev* (1973) szerint a nyitott cellás szerkezet megjelenésének az a feltétele, hogy hideg levegő áramoljon meleg tenger fölé és így biztosítva legyen az alulról történő melegedés, s ezáltal a labilizálódás. Zárt cellás szerkezet ellenkező esetben alakul ki; ilyenkor általában a tenger a hűvösebb és a labilizálódást a felülről történő lehülés váltja ki.

Cellás elrendeződést tipikusan alacsonyszintű felhőzet mutat, mivel a cellás konvekció által átkevert réteg többnyire nem vastag és azt felülről inverzió, vagy erősen stabilis, száraz réteg zárja le. A felszálló levegőben kialakuló felhőzet nem egyetlen felhőblokk, hanem több, kisebb-nagyobb méretű individuális felhőből összeálló alakzat, ami arra figyelmeztet, hogy a természetben előálló cellák finomszerkezete jóval bonyolultabb, mint a laboratóriumi körülmények között képződő cellák szerkezete.

A laboratóriumokban előállított cellák és a légkörben kialakuló cellák között az egyik leglényegesebb különbség *Krueger* és *Fritz* (1961), valamint *Götz* és *Szalay* (1973) szerint az, hogy az átmérő és magasság hányadosa 30:1, vagyis a természetes körülmények között kialakuló mezo-skálájú konvektív cellák intenzívebb képződmények. *Hubert* (1966) azt is megállapította, hogy a nyitott rendszerek kevésbé laposak.

Agee és *Dowell* (1974) szerint az átmérő-magasság hányados átlagos értéke nyitott cellákra vonatkozóan 15,12, zárt cellák esetében pedig 27,57. *Götz*

és *Szalay* az észak-atlanti térségben fellépő cellák esetében 16:1-nek találta ezt az arányt, ezen belül a minimális érték 7:1, a maximális érték pedig 35:1 volt.

A szélsebesség és a felhőkép kapcsolatát *Rogers* (1965) vizsgálta. Tanulmányában az elrendeződés öt alapformáját különböztette meg és minden formához karakterisztikus szélsebességértéket rendelt.

Reguláris poligonális cellákhoz 0—3,5 m/s szélsebesség tartozik. *Elliptikus lánc* esetén, vagyis akkor, amikor a cellák ellipszisekké formálódnak és egymáshoz nyitott és zárt végekkel kapcsolódnak 4—11 m/s-os karakterisztikus sebességérték járul. A szél iránya a nyitott végekből a zárt végek felé mutat. A fenti sebességhatár felső felénél *kagylózott forma* alakul ki, ekkor a szél iránya a sorokba rendezett elemekkel párhuzamosan fúj. *Szétfújt ellipsziseknek* nevezi *Rogers* az olyan formációt, amikor a nyitott végű ellipszisek egymástól távolabb vannak. A karakterisztikus szélsebesség ebben az esetben 12—18 m/s. A szél iránya a nyitott végektől a zárt végek felé mutat. Végül a *Rogers* által *soroknak* nevezett alakzat esetén a szélsebesség értéke szintén 12—18 m/s, de a szél iránya csak 180°-os bizonytalansággal adható meg, a sorokkal párhuzamosan fúj.

A cellás szerkezetű mezo-skálájú konvekció és a szélnyírás kapcsolatát *Kuettner* (1971), *Götz* és *Szalay* (1973), valamint *Agee* és *Dowell* (1974) vizsgálta.

A függőleges szélnyírás átlagos értéke *Agee* és *Dowell* szerint 1,82 m s^{-1} km^{-1}, az irányváltozás nagysága pedig 7° km^{-1}. Az észak-atlanti térségben vizsgált eseteknél *Götz* és *Szalay* azt találta, hogy a réteg alja és teteje között a szélsebesség eltérése 3,6 m s^{-1}, a közepes szélfordulás pedig 8,8°.

A mezo-skálájú cellás konvekcióval kapcsolatban *Krueger* és *Fritz* (1961) kimutatta, hogy nyitott cellák esetén a tenger felszínének a hőmérséklete 3°-kal magasabb a felette fekvő levegő hőmérsékleténél. Ez a nedves levegő labilizálódásához vezet, és annak mértékét a felhők tetején fellépő kisugárzás tovább fokozza. Az észak-atlanti térségben tanulmányozott esetekben a tenger hőmérséklete 2,7 fokkal múlta felül a levegő hőmérsékletét nyitott cellák, és mindössze 0,8 fokkal zárt cellák esetén. *Agee* és *Dowell* (1974) szerint a tenger és levegő hőmérséklete közötti különbség nyitott cellák esetében átlagosan 2,1°, zárt cellák fellépésekor pedig a levegő volt 0,4 fokkal melegebb, mint a tenger. Ezek az értékek megerősítik azt a hipotézist, hogy nyitott cellák esetében a labilizálódás fő forrása az alulról történő melegedés, míg zárt cellák alkalmával a labilizálódás okát a felsőbb rétegek sugárzás-veszteségében kell keresnünk.

Ami a kialakuló hőmérsékleti gradienseket illeti, *Götz* és *Szalay* (1973) vizsgálatai szerint 0,94°/100 m-es grandiensek figyelhetők meg nyitott cellák és 0,78°/100 m-es grandiens zárt cellák esetén. *Agee* és *Dowell* (1974) 0,83°/100 m-es gradienst mutatott ki nyitott cellák és 0,79°/100 m-es gradienst zárt cellák esetén.

3. *Szenzibilis és latens hőfluxus mezo-skálájú cellás konvekció esetén*

Az eddigi kutatások alapján bizonyítottnak vehetjük, hogy nyitott cellás konvekció esetén a tenger hőforrásként működik és sejthető, hogy zárt cellás konvekció mellett a tenger enyhe hőnyelő. Kétségtelen ténynek látszik, hogy a cellás konvekció helyein a tenger és légkör között élénk kölcsönhatás és ennek kapcsán jelentős energiakicserélődés van. Az energiaforgalom szenzibilis és latens hőcsere formájában, valamint sugárzásos hőátadással zajlik le.

E kölcsönhatás intenzitására vonatkozóan kevés az adatunk; egyedül *Agee* és *Dowell* (1974) vizsgálata nyújt némi támpontot, akik 25 nyitott és 13 zárt cellás esetben vizsgálták a hőátadás kérdését. Vizsgálati anyaguk azonban nem az észak-atlanti térségre vonatkozott, így a számunkra érdekes térségről nem rendelkezünk számszerű ismeretekkel.

A továbbiakban 52 esettanulmányon keresztül numerikus adatokat adunk a szenzibilis és latens hőfluxus értékeire az észak-atlanti térségben nyitott mezo-skálájú cellás konvekció esetén. Az 1970-ben megfigyelt adatokat dolgoztuk fel, mivel *Götz* és *Szalay* (1973) munkája is erre az időszakra vonatkozott. Olyan esetekkel foglalkoztunk, amikor a mesterséges holdak TV-képeivel közel egyidejűleg egyéb megfigyelések, elsősorban aerológiai anyag is rendelkezésünkre állt. Minden egyedi esetben a 11 – 12 GMT órás aerológiai észlelésekre támaszkodtunk és arra törekedtünk, hogy a feldolgozásra kerülő képanyag időpontja ne térjen el ± 2 óránál többel az aerológiai megfigyelések időpontjától. Tekintettel arra, hogy a mezo-skálájú cellás konvekció fennmaradása a 2 órás időtartamot jóval meghaladja, adatainkat jó közelítéssel szinkron megfigyeléseknek tekinthetjük.

I. TÁBLÁZAT – TABLE I.

A tenger hőmérsékletének évi menete (1951–60) az észak-atlanti térségben.
Yearly march of the sea-surface temperature in the North-Atlantic region (1951–60)

Hajó	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Ingás
M	6,6	6,3	6,3	6,4	7,5	8,9	10,9	11,9	11,0	9,3	7,9	7,2	5,6
A	5,2	5,1	5,1	5,4	6,4	8,2	9,9	10,6	9,8	7,7	6,6	5,6	5,5
I	9,2	9,1	9,0	9,1	9,9	11,3	12,7	13,2	12,7	11,4	10,5	9,9	4,2
J	10,8	10,6	10,7	10,9	11,9	13,1	14,7	15,3	14,8	13,5	12,3	11,4	4,7
K	13,0	12,6	12,6	13,0	14,0	16,3	18,2	19,0	18,8	17,2	15,4	13,9	6,4

A feldolgozás során az *A*, *I*, *J*, *K* jelzésű óceáni időjárási hajók megfigyelési anyagát használtuk fel. A hajók földrajzi helyzetét az *1. ábrán* tüntettük fel. Látható, hogy ezek a hajók a $\varphi = 70^0 - 45^0$N és $\lambda = 10^0$E $- 33^0$W szektorban, azaz az Észak-Atlanti óceán keleti medencéjében helyezkednek el.

Annak a bizonyítására, hogy a fenti térségben a cellás konvekció kialakulásához szükséges homogén felszín biztosított, az *1. táblázatban* bemutatjuk az említett hajókon észlelt tengervíz hőmérsékletek 10 évi átlagait.

A táblázatból kitűnik, hogy a homogén felszín valóban biztosított. Minden egyes hajó esetén a tenger vízének hőmérséklete február – márciusban a legalacsonyabb, a maximális hőmérséklet ideje augusztus. Látható az is, hogy az évi hőmérsékleti ingás nem nagy: mindössze 2,2 fokot tesz ki. Az azonos hónapokon belüli területi ingások sem túlságosan nagyok, de meghaladják az azonos helyen fellépő évi amplitúdót.

A mezo-skálájú cellás konvekcióval kapcsolatos szenzibilis és latens hőáram meghatározására a *Warsh* (1973) által javasolt aerodinamikai módszert használtuk. Ennek a lényege a következő. A latens hőáram a

$$Q_L = \varrho L C_Z (q_o - q_z) (u_z) \qquad (1)$$

formulából számítható, ahol ϱ a levegő sűrűsége, L a párolgási latens hő, C_z az ellenállási együttható, q_0 a telítési specifikus nedvesség a tenger szintjének hőmérsékletén, q_z a specifikus nedvesség z magasságban, u_z a szélsebesség a z szinten.

A szenzibilis hőáram a

$$Q_s = c_p C_Z (T_o - T_z) (u_z) \tag{2}$$

formulából számítható, ahol c_p a levegő állandó nyomáson vett fajhője, T_0 a tenger felszínének a hőmérséklete, T_z a levegő hőmérséklete a z szinten.

A telítési specifikus nedvesség számítására a

$$q_0 = 0{,}622 \quad e_0/(p - 0{,}379\ e_0) \tag{3}$$

formula használható fel, ahol p a légnyomás a tenger szintjén, e_0 pedig a tenger szintjére vonatkozó telítési gőznyomás. Az e_0 meghatározásánál a tengervíz sótartalmától eltekintettünk.

A C_z ellenállási együttható számítására a *Dacon és Webb* (1962) által javasolt

$$C_z = (1{,}0 + 0{,}07\ u_z)\ 10^{-3} \tag{4}$$

formulát használtuk fel, ahol a szélsebesség m/s egységekben értendő. Mivel az általunk vizsgált esetekben a szélsebesség átlagos értéke 11,4 m/s volt, C_z átlagára $1{,}798.10^{-3}$ értéket kaptunk.

A továbbiakban — az általános tájékozódás érdekében — a vizsgálatunkhoz felhasznált anyagból meghatároztuk a Q_s és Q_L átlagos értékét, valamint annak szórását *(II. táblázat)*.

II. TÁBLÁZAT — TABLE II.

A szenzibilis és latens hőfluxus átlagos értékei cal cm^{-2} óra *egységekben.*
Mean values of the sensible and latent heat fluxes in cal cm^{-2} hour units.

Q_s	Q_L	$Q_s + Q_L$	Q_L/Q_s
7,35	18,82	26,19	2,56
4,45	8,35	—	—

A táblázatból kitűnik, hogy a latens és a szenzibilis hőfluxus révén a tenger felett fekvő levegő minden cm^2-nyi területről óránként átlagosan 26,19 cal hőmennyiséget vesz fel.

Tapasztalat szerint cellás elrendeződés az izobárok ciklonális és anticiklonális görbülete esetén egyaránt előfordul. Jogos tehát felvetni azt a kérdést, hogy mutatkozik-e markáns különbség a hőátadás mértékében az izobárok ciklonális, illetve anticiklonális görbülete esetén. Az erre vonatkozó számítások eredményét a *III. táblázat* tartalmazza.

III. TÁBLÁZAT — TABLE III.

A Q_s és Q_L átlagos értékei cal cm^{-2} óra *egységekben az izobárok ciklonális* (A) *és anticiklonális* (M) *görbülete esetén*
Mean values of Q_s and Q_L in cal cm^{-2} hour units in the cases of cyclonic (A) and anticyclonic (M) izobar-curvatures, respectively

	Q_s	Q_L	$Q_s + Q_L$	Q_L/Q_s
A	8,83	16,63	25,46	1,88
M	6,24	16,74	22,98	2,68

Látható, hogy a latens hőfluxus értéke közel azonos a kétféle izobárgörbület esetén, a szenzibilis hőfluxus pedig eltérő értékű: ciklonális izobárgörbület alkalmával intenzívebb. Ez természetszerűleg azt eredményezi, hogy anticiklonális izobárgörbület esetén a hőátadási folyamatban a latens hőfluxus részvétele még nagyobb arányú lesz.

Láttuk, hogy a tenger vizének hőmérséklete szeptembertől kezdve süllyed, mélypontját márciusban éri el, márciustól augusztusig viszont emelkedik. Vizsgálati anyagunkat szétválasztottuk a tengervíz-hőmérséklet süllyedő és emelkedő szakaszába eső esetekre, és ismételten meghatároztuk a Q_s és Q_L átlagait. A kapott értékeket a *IV. táblázat* tartalmazza.

IV. TÁBLÁZAT — TABLE IV.

Q_s és Q_L átlagos értékei cal cm^{-2} óra *egységekben a tengervíz hőmérséklet évi menetének emelkedő* (E) *és süllyedő* (S) *szakaszában.*
Mean values of Q_s and Q_l in cal cm^{-2} hour units in the rising (E) and descending (S) branches of the yearly march of the sea-surface temperature, respectively

	Q_s	Q_L	Q_s+Q_L	Q_L/Q_s
E	5,27	19,07	24,34	3,62
S	8,55	19,08	27,63	2,23

Lényeges különbséget ismételten a szenzibilis hőfluxus esetén mutathatunk ki. Ez az eredmény fizikai szempontból teljes összhangban van az (1) formulával: a tenger hőmérsékletének emelkedő szakaszában a levegő és tengervíz hőmérsékletkülönbsége csökken. A szenzibilis hő csökkent értékének a következménye, hogy nyári periódusban a hőforgalom 3,62-szeresét szolgáltatja a latens hőfluxus.

A továbbiakban azt vizsgáltuk, hogy a szenzibilis és latens hőfluxus területi eloszlásában van-e valamilyen zonális eloszlás. Amint az *1. ábrá*ról látható, a terület legészakibb részén az A jelzésű hajó, a legdélibb részén pedig a K jelzésű hajó tartózkodik. A vizsgálati anyagunkat a hajók szerint csoportosítottuk és az így kiszámított értékeket az *V. táblázat*ban tüntettük fel.

V. TÁBLÁZAT — TABLE V.

Q_s és Q_L átlagos értékei cal cm^{-2} óra *egységekben a megfigyelő hajók szerinti bontásban.*
Mean values of Q_s and Q_L in cal cm^{-2} hour units at the different ocean weather ships

Hajók jele	Q_s	Q_L	Q_s+Q_L	Q_L/Q_s
A	4,60	14,19	18,79	3,08
I	7,80	19,42	27,22	2,49
J	7,45	21,19	28,64	2,81
K	6,87	15,13	22,17	2,23

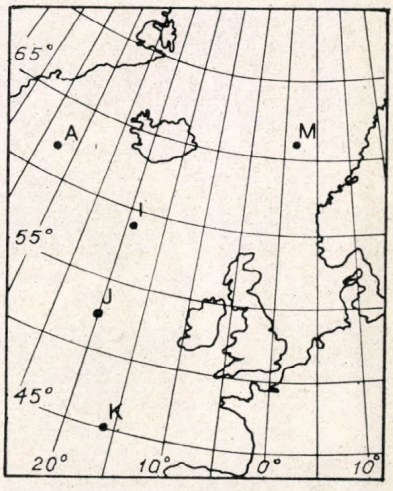
Mindkét hőfluxus minimuma az A időjárási hajó térségében van, ahol gyakran áramlik grönlandi eredetű hideg levegő a viszonylag hűvös tenger fölé s így csak gyenge hőáram indul meg. A levegő hőbevétele az *I* és *J* hajók

körzetében fokozódik. A szenzibilis hőfluxus maximuma az *I*, a latens hőáram legmagasabb értéke pedig a *J* időjárási hajó vidékén van, tehát az óceán Izland és Írország déli pereme között fekvő területe az, ahol mezo-skálájú cellás konvekció esetén a tenger levegő és kölcsönhatása a legintenzívebb. A *K* időjárási hajó tartózkodási helyén a levegő és a tengervíz hőmérséklete közötti különbség csökken és ezzel együtt természetszerűleg csökken a hőfluxus mértéke is.

A számszerű vizsgálatok alapján megállapíthatjuk:

1. Mezo-skálájú konvektív cellák esetén a tenger és a felette elhelyezkedő légkör intenzív kölcsönhatásban van. A légkör hőt vesz fel latens és szenzibilis formában, s a hőfelvétel során a latens hőáram az uralkodó.

2. Az izobárok ciklonális vagy anticiklonális görbülete esetén a két hőbevétel közül csak a szenzibilis hőfluxus értékében mutatható ki határozott különbség. A tenger hőmérsékletének emelkedő és süllyedő szakasza között ugyancsak a szenzibilis hőfluxus értékében mutatkozik jelentős eltérés.



1. ábra: A megfigyelő hajók pozíciói

3. Mind a latens, mind a szenzibili hőáramban kimutatható övezetes elrendeződési tendencia, mégpedig olyan értelemben, hogy a legintenzívebb a hőátadási mechanizmus az 50—60°N földrajzi szélesség területén.

IRODALOM

Agee, E. M. — K. E. Dowell (1974): Observational Studies of Mezoscale Cellular Convection. *Journ. of Appl. Met.* 13. 46—53.

Anderson, R. K. — E. W. Ferguson — V. J. Oliver (1966): The use of satellite pictures in weather analysis and forecasting. *WMO Tech. Not. N° 75* Geneva.

Bénard, H. (1901): Les tourbillons cellulaires dans une nappe liquide transportant de la chaleur par convection en régime permanent. *Ann. Chimie et Physique 23.* 62—144.

Brunt, D. (1951): Experimental cloud formation. *Compendium of Meteorology.* 1255—1262.

Bugaev, V. A. (1973): Dynamic climatology in the light of satellite information. *Bull. Am. Met. Soc.* 54. 393—418.

Chandra, K. (1938): Instability of fluids heated from below *Proc. Roy. Soc.* (A) 164 231—242.

Deacon, E. L. — E. K. Webb (1962): Interchange of properties between the sea and air. *In The Sea.* Interscience, New York 1962.

Götz, G. — Szalay, G. (1973): Cellás konvekció a légkörben és néhány sajátossága az észak-atlanti térségben. *Időjárás* 77. 12—22.

Hubert, L. E. (1966): Mezoscale cellular convection. *Met. Sat. Lab. Rep.* 37. 68.

Krueger, A. F. — S. Fritz (1961): Cellular cloud patterns revealed by TIROS I. *Tellus* 13. 1—7.

Kuettner, J. P. (1971): Cloud bands in the earth's atmosphere. *Tellus* 23. 404—425.

Rayleigh, Lord (1916): On convection currents in a horizontal layer of fluid, when the higher temperature is on the under side. *Phyl. Mag.* 32. 539—546.

Rogers, Ch. W. C. (1965): A technique for estimating low-level wind velocity from satellite photographs of cellular convection. *Journ. of Appl. Met.* 5. 387—393.

Warsh, K. L. (1973): Relation of Sea-Air Interference Energy Fluxes to Convective Activity in the Tropical Atlantic Ocean. *Journal of Geophys. Research* 78. 504—510.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 82. évf. 6. szám, 1978. nov—dec.
Journal of the Hungarian Meteorological Service Vol. 82. No 6. Nov—Dec 1978. Budapest

Összefüggés a légkör elektromos állapota és az aeroszol részecskék tulajdonságai között

ANDRÉ RENOUX, JEAN YVES PAUGAM *Aeroszol-fizikai és Légköri Radioaktivitási Laboratórium, Brest (Franciaország)* és MÉSZÁROS ERNŐ *Központi Légkörfizikai Intézet*, Budapest.

Relation between the Electrical Parameters and Aerosol Characteristics of the Atmosphere. The relation between the aerosol characteristics and the electrical conductivity of the air is briefly described. The consequences of this relation on the atmospheric electrical field are mentioned. The correlation between aerosol and electrical parameters is illustrated by recent field measurements. The possibility of the monitoring of the number concentration of aerosol particles by electrical conductivity observations is stressed and the long term variation of the aerosol concentration is presented on the basis of electrical measurements. Finally the environmental importance of the relation between electrical phenomena and particulate pollution is discussed.

*

Связь электрического состояния атмосферы с свойствами аэрозольных частиц. Авторы коротко излагают зависимость между свойствами аэрозольных частиц и электрической проводимостью воздуха, причем подчеркивается ее значение с точки зрения образования электрического поля в атмосфере. Связь электрических параметров с аэрозольными иллюстрируется с использованием полевых наблюдений. Выявляется возможность определения концентрации аэрозолей по данным измерения проводимости, и указываются крупномасштабные изменения, наблюдавшиеся в количестве аэрозолей в настоящем веку. В заключение связь параметров аэрозолей с электрическими явлениями оценивается с точки зрения охраны окружающей среды.

*

Ma már általánosan elfogadott az az elképzelés, amely szerint az ionoszféra, illetve a földfelszín (kontinensek és óceánok felszíne) egy hatalmas kondenzátor két fegyverzete. A pozitív töltésű fegyverzetet az ionoszféra, míg a negatív töltésűt a felszín alkotja. *Wilson* (1920) klasszikus elmélete szerint a két fegyverzet közötti kb. 350—400 kV nagyságú potenciálkülönbséget a zivatartevékenység alakítja ki.

A két „elektród" között a tropo- és sztratoszféra helyezkedik el. A légkörnek ez a két tartománya nem tökéletes szigetelő a levegőben jelen levő elektromos töltések miatt. Zavartalan, ún. „szépidő" viszonyok között az elektromos töltéssel rendelkező részecskék — az ionok — a szilárd felszín fölött a radioaktív radon és toron gáz, míg nagyobb magasságokban és óceáni környezetben a kozmikus sugárzás hatására keletkeznek.

A levegőben levő pozitív és negatív töltéshordozók mozgást végeznek a kondenzátor által létrehozott elektromos térben. A levegő vezetőképessége (λ, dimenzió: $\Omega^{-1}\ m^{-1}$) a különböző előjelű töltések n koncentrációjától, valamint k mozgékonyságától (az ionok elmozdulási sebessége egységnyi térerő esetén) függ:

$$\lambda = n \cdot e \cdot k, \tag{1}$$

ahol e az elemi töltést jelöli. Az ionok a levegőben oly módon keletkeznek (részletesebben *Bencze Pál* kéziratában 1978), hogy a különböző levegőmolekulák (atomok) elektronburkából energiaelnyelés hatására elektron szakad le, amelyek a troposzférában viszonylag gyorsan semleges molekulákra rakódnak. Ezeket a töltött molekulákat kis ionoknak nevezzük.

A különböző előjelű kis ionok egymással (rekombináció), illetve a levegőben jelenlevő aeroszolrészecskékkel (koaguláció) egyesülnek. Ez utóbbi folyamat miatt mozgékonyságuk jelentősen lecsökken, mivel eredeti nagyságuknál jóval nagyobb hordozókra kerülnek (közepes és nagy ionok). Ily módon az aeroszolrészecskék a levegő vezetőképességének és ezen keresztül egyéb elektromos paramétereinek szabályozásában fontos szerepet játszanak. Másrészt a közepes és nagy ionok mozgékonyságának, illetve a levegő vezetőképességének mérése lehetővé teszi az aeroszol részecskék koncentrációjának és nagyság szerinti eloszlásának közvetett meghatározását.

Jelen tanulmányban az a célunk, hogy röviden áttekintsük, néhány újabb mérési eredmény alapján, a légkör elektromos állapota és az aeroszolrészecskék tulajdonságai közötti kölcsönhatásokat. Az áttekintés keretében egyebek között ismertetjük azokat a levegő elektromosságára vonatkozó mérési eredményeket, amelyek alapján fontos környezetvédelmi következtetéseket tehetünk.

1. *Az aeroszolrészecskék hatása az elektromos vezetőképességre és a térerőre*

Az (1)-es formulából következik, hogy a vezetőképesség, az ionok számát (és minőségét) nem tekintve, az ionok mozgékonyságától függ, amelynek definíciója a következő:

$$k = v/E, \tag{2}$$

ahol v az ionok sebessége, míg E az elektromos tér erőssége (k dimenziója: $m^2v^{-1}s^{-1}$). Mivel a v sebesség fordítva arányos a töltést hordozó részecske nagyságával, nyilvánvaló, hogy a kis ionok mozgékonysága jóval nagyobb, mint a közepes és nagy ionoké. Másrészt, ha a levegő λ elektromos vezetőképessége csökken, akkor, egyéb tényezők állandósága mellett, az elektromos tér erőssége növekszik, mivel

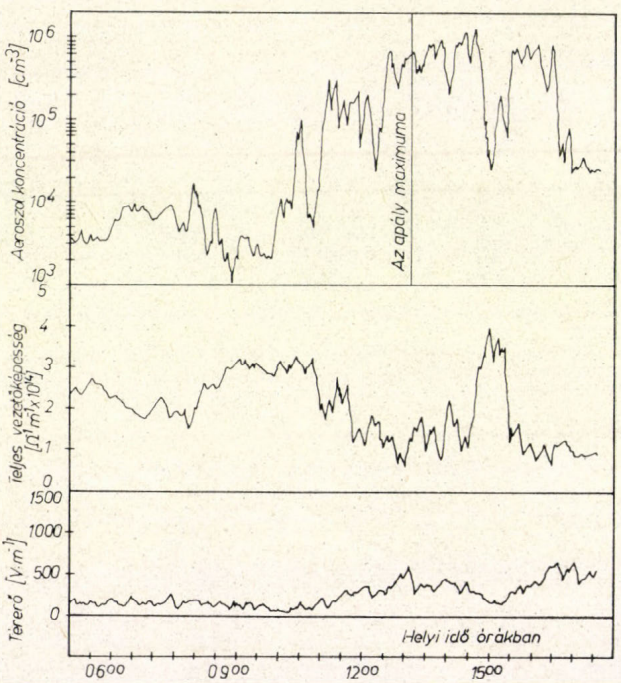
$$E = i/\lambda, \tag{3}$$

ahol i a vezetési áramsűrűség (dim.: $A \cdot m^{-2}$).

Mindebből az következik, hogy nagyobb aeroszol koncentrációjú, szennyezettebb levegőben kisebb az elektromos vezetőképesség, illetve nagyobb a térerő. Ezt a megállapítást ma már klasszikusnak tekinthető mérések igazolják (lásd: *Israël*, 1957 és 1961; *Chalmers*, 1967). Ezek a mérések kimutatták, hogy szárazföldi környezetben a potenciálesés nyáron minimális, illetve, hogy tisztább helyek felé haladva a levegő elektromos vezetőképessége növekszik. Másrészt a potenciálgradiens szennyezettebb helyeken megfigyelt napi menetének sajátosságai (pl. minimum a délutáni órákban) szintén jól értelmezhetők az aeroszol részecskék karakterisztikáinak napi változásaival (minimális koncentráció délután a légköri kicserélődés miatt).

Az említett adatok az aeroszolrészecskék és a levegő elektromos állapota

közötti kapcsolatot csak statisztikusan bizonyítják. Viszonylag kevesebb olyan mérés van, amely ezt az összefüggést egyedi esetekben támasztja alá. Ezek közé tartoznak a szerzők egyikének kutatásai, aki az elektromos térerő folyamatos mérésére influencia elven működő elektronikus voltmérőt *(field mill)*, míg a vezetőképesség mérésére polarizált cilindrikus kondenzátort készített *(Paugam*, 1973). Az aeroszolrészecskék számát automatikus kondenzációs magszámlálóval regisztrálta. *Paugam* (1978) méréseit a Bretagne-i (Franciaország) tengerparton végezte, ahol apály esetén az algák által kibo-



1. ábra: Összefüggés az aeroszol részecskék száma, az elektromos vezetőképesség és az elektromos térerő között Guissény-ben (Bretagne, Franciaország), 1975. augusztus 11-én (Paugam, 1978)

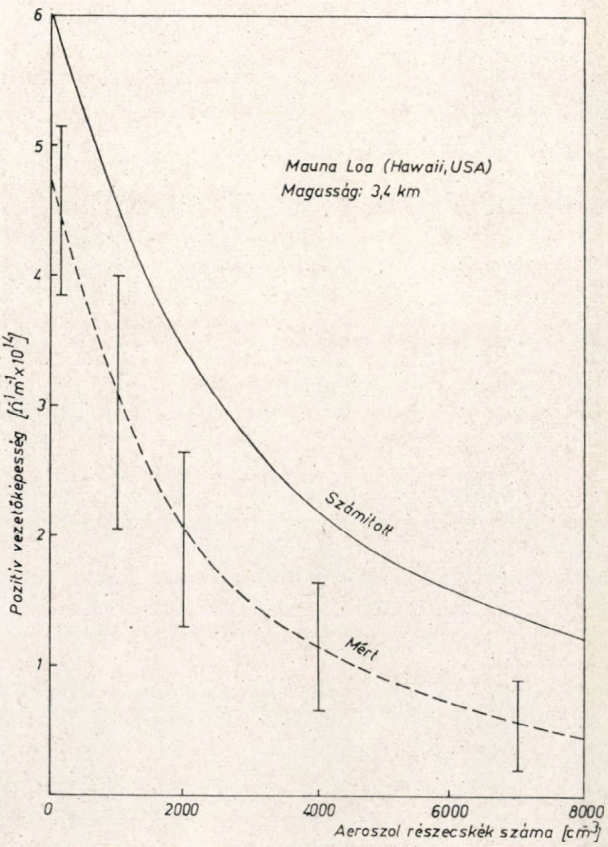
csátott gázokból (pl. dimetil-szulfid) besugárzásos időjárási helyzetekben fotokémiai reakciókkal számos kicsiny szulfát részecske keletkezik.

Az *1. ábra* az 1975. aug. 11-én kapott eredményeket mutatja be. Az említett napon a mérés helyén 1 – 2 m/s sebességű NW szél fújt, amely a tenger felől a mérőállomás felé szállította a levegőt. $11^h30'$-ig az eget altostratus borította, majd a felhő feloszlott. Mint az ábráról látható, a magvak száma és a vezetőképesség között igen jó az összefüggés: minél nagyobb a részecskék száma, annál kisebb a levegő elektromos vezetőképessége. Ezzel szemben a térerő és az aeroszolrészecskék koncentrációja közötti kapcsolat jóval elmosódottabb, amely egyéb tényezők szerepére utal.

Az aeroszolrészecskék koncentrációja és az elektromos vezetőképesség közötti összefüggést a levegőben végrehajtott megfigyelések segítségével Hawaiiban is részletesen tanulmányozták. A *2. ábra* a 3,4 km-es tengerszint feletti magasságban (Mauna Loa) kapott eredményeket reprezentálja (*Cobb*, 1974) egyéves mérési sorozat alapján. A görbén látható függőleges vonalak a megfelelő koncentrációértékekhez tartozó vezetőképesség adatok változé-

konyságát ábrázolják. Az ábrán a számított elméleti összefüggést is feltüntettük. A számított és a mért görbe összevetése arra utal, hogy bár az abszolútértékek eltérnek egymástól, az összefüggés jellege elméletileg is jól megmagyarázható.

2. *Az aeroszolrészecskék koncentrációjának meghatározása a levegő elektromos vezetőképességének mérése útján*

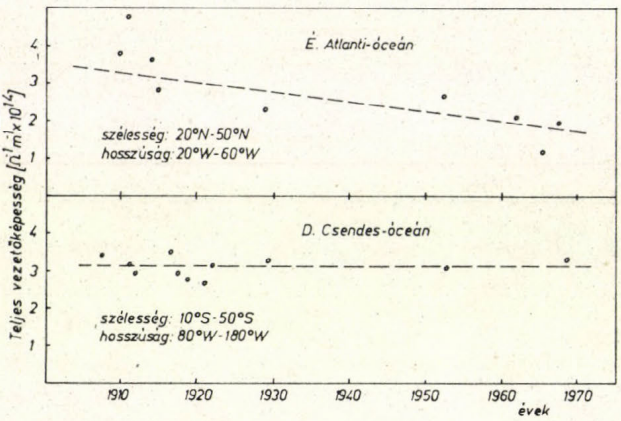


2. ábra: Az aeroszol részecskék száma és a levegő elektromos vezetőképessége közötti számított és mért összefüggés Cobb (1974) szerint. A méréseket a Mauna Loa-i Obszervatóriumban (Hawaii, USA) egy éven át végezték

Az előző részben bemutatott eredményekből következik, hogy a levegő elektromos vezetőképességének mérése lehetővé teszi az aeroszolrészecskék koncentrációjának meghatározását. Ez a lehetőség különösen azért jelentős, mivel tiszta óceáni környezetben a század eleje és 1930 között rendszeresen végeztek vezetőképességméréseket (szigetelt elektródát tartalmazó cilindrikus kondenzátor segítségével) az amerikai „Carnegie" kutatóhajó fedélzetén. A megfigyeléseket az ötvenes és hatvanas években azonos módszerrel megismételték, így lehetővé vált az aeroszolrészecskék koncentráció trendjének közvetett meghatározása (közvetlen mérésekkel sajnos nem rendelkezünk).

Az Atlanti-óceán északi, illetve a Csendes-óceán déli félgömbön levő területei fölött kapott eredményeket a *3. ábra* mutatja be (*Cobb* és *Wells*, 1970).

Mint látható, a déli félgömbön a vezetőképesség a mérések szerint lényegében nem változott, míg az Észak-Atlanti-óceán fölött közel felére csökkent. A 2. ábra alapján azt mondhatjuk, hogy ekkora vezetőképesség-csökkenés kb. kétszeres aeroszol koncentráció növekedésnek felel meg (hangsúlyoznunk kell, hogy az így kapott abszolút koncentrációértékek nem kielégítően megbízhatóak). Másrészt az ábra alapján az is következik, hogy századunk elején a két félgömb háttérlevegőjében a vezetőképesség(aeroszolkoncentráció) kb. azonos volt.



3. ábra. A levegő elektromos vezetőképességének időbeli trendje az Atlanti-, illetve Csendes-óceán fölött Cobb és Wells (1970) alapján

Mindebből az a fontos környezetvédelmi következtetés vonható le, hogy századunk folyamán, valószínűleg az emberi tevékenység következtében, az aeroszolrészecskék koncentrációja az északi félgömbön jelentősen megnövekedett. Az utóbbi tíz évben hajók fedélzetén végzett közvetlen aeroszolmérések szerint az Atlanti-óceán északi területein kb. 600 cm^{-3} (*Junge* és *Jaenicke*, 1971), az Atlanti-óceán déli részein 400 cm^{-3} (*Mészáros* és *Vissy*, 1974), míg a Csendes-óceánon 200 cm^{-3} (*Ohta* és *Ito*, 1974) az átlagos koncentráció. Ezek a direkt megfigyelési adatok is támogatni látszanak azt a feltételezést, amely szerint az Atlanti-óceán fölött az aeroszolrészecskék egy hányada antropogén. Tekintve, hogy a troposzferikus háttéraeroszol elsősorban szulfátokból áll (*Mészáros* és *Vissy*, 1974), ez a hányad feltehetően kén-dioxidból származik.

3. *Következtetés*

Köztudomású, hogy az antropogén szennyeződés szintje a légkörben állandóan növekszik. Így várható, hogy a légköri elektromos paraméterek (elsősorban a vezetőképesség) és az aeroszolrészecskék közötti összefüggés miatt a jövőben az emberi tevékenység feltehetően az alacsony légkör elektromos állapotát is módosítani fogja. Ennek jelentőségét pillanatnyilag sajnos nem tudjuk teljes mértékben felbecsülni. Ezen a területen ezért intenzív kutatások végzése szükséges.

IRODALOM

Chalmers, J. A., 1967: *Atmospheric Electricity* (2nd Editor), Pergamon Press, Oxford.

Cobb, W. E., 1974: Atmospheric electrical conductivity and the detection of global aerosol pullotion. *WMO Spec. Environmental Rep. N° 3: Observation and measurement of atmospheric pollution.* WMO, Geneva; 307—315.

Cobb, W. E. and *Wells, H. J.*, 1970: The electrical conductivity of oceanic air and its correlation to global atmospheric pollution. *J. Atmosph. Sci., 27*, 814—819.

Israël, H., 1957: *Atmosphärische Elektrizität.* Teil I. Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig.

Israël, H., 1961: *Atmosphärische Elektrizität.* Teil II. Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig.

Junge, C. E. and *Jaenicke, R.*, 1971: New results in background aerosols studies from the Atlantic expedition of the R. V. Meteor, spring 1969. *J. Aerosol Science 2*, 305—314.

Mészáros, A. and *Vissy, K.*, 1974: Concentration, size distribution and chemical nature of atmospheric aerosol particles in remote oceanic areas. *J. Aerosol Science 5*, 101—110.

Ohta, S. and *Ito, T.*, 1974: Method of measurements of very low concentrations of submicron aerosols. *WMO Spec. Environmental Rep. N° 3: Observation and measurement of atmospheric pollution.* WMO, Geneva, 387—393.

Paugam, J. Y., 1973: *Réalisation d'une station semi-automatique de mesure des paramètres électriques de l'atmosphère, et de la teneur de l'air en noyaux Aitken.* These 3- cycle. Rennes-Brest

Paugam, J. Y., 1978: *Etudes des principaux paramètres électriques de l'air sur un site côtier, en atmosphère peu polluée.* Thèse Docteur ès Sciences, Brest.

Wilson, C.T.R., 1920: Investigation on lightning discharges and on the electric field of thunderstorms. *Phil. Trans. Roy. Soc. Ser. A 221*, 73—115.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 82. évf. 6. szám, 1978. nov.—dec.
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 82 No. 6 Nov—Dec 1978 Budapest

A Föld évi csapadékának periodikus változásai

OROSS GABRIELLA, *JATE Éghajlattani Tanszék*, VAS ZOLTÁN, *JATE Kibernetikai Laboratórium, Szeged*

Periodic Variations of the Annual Precipitation Amount of the Earth. The goal of this paper consists in the elucidation, based on precipitation observations extending to several decades, whether there exists, for the various areas of the Earth, any rhythmic variation, that is, any periodicity, and if it exists, which is its global distribution. Thus, we analyzed the series of the annual precipitation sums of 116 stations for the period 1891—1970 by using the method of harmonic analysis. We determined the most characteristic types of periods *(Fig. 1)* and allocated the various stations to the corresponding types. In this way, the surface of the Earth has been classified according to the prevailing types *(Fig. 2)*. The frequency distribution of high amplitude values according to the periods T is presented in *Table I*. The possibilities of a further analysis of the various types of periods are presented on *Fig. 3.* and *Fig. 4.*

*

Периодические изменения количества осадков по земному шару. Целью настоящей работы является выявление по анализу рядов данных об осадках за несколько десятилетий, возможного наличия некоторых ритмичных колебаний, периодичности в годовом количестве осадков, выпадающих в различных районах Земли и, при положительном ответе на этот вопрос, определение распределения этих колебаний по земному шару. Для этой цели, методом гармонического анализа были проанализированы ряды данных о годовом количестве осадков на 116 станциях за период 1891—1970 гг. Были определены наиболее характерные типы периодов *(рис. 1)* и станции наблюдений были классифицированы по этим типам. Тем самым поверхность Земли была подразделена в соответствии с доминирующими типами *(рис. 2)*. Распределение повторяемости высоких амплитуд по периодам T приведено в таблице 1. Возможность дополнительного анализа отдельных типов периодов иллюстрируется на примере более подробного анализа диапазона периодов 12—15 лет *(рис. 3, 4)*.

*

A földtudományok vizsgálati köréhez tartozó különböző jelenségekben számos periodikus folyamat tapasztalható. A kutatók figyelmét már rég felkeltették azok a periodikus változások, amelyek a légkörben, a hidroszférában és a szilárd kéregben egyaránt kimutathatók. A periódusok egy része nagyon markáns és tudjuk, mi okozza, más részük azonban rejtett, fizikai okuk alig, vagy egyáltalán nem ismert. A geofizikai jelenségek nagy része ugyanis bonyolult, sokoldalú kölcsönhatás eredménye, létrejöttüket számos véletlenszerűen ható tényező befolyásolja. Így a legtöbb észlelési sort sztochasztikus jellegűnek tekinthetjük. Az ilyen sorokban levő periódusok kimutatása matematikai módszereket igényel.

Vizsgálatunk célja az, hogy több évtizedes csapadéksorok elemzésével megállapítsuk, van-e a Föld különböző területein az évi csapadékösszegekben

valamilyen ritmikus ingadozás, periodicitás, s ha igen, milyen ezeknek a földgömbi eloszlása.

Az elemzés alapjául szolgáló adatsorokat igyekeztünk úgy kiválasztani, hogy azok a lehető leghosszabbak legyenek, de ugyanakkor az észlelőállomások lehetőleg egyenletes eloszlásban reprezentálják a Föld egész felszínének csapadékviszonyait, s hogy az adatsorok hiánymentesek legyenek. Szempontjaink alapján 116 állomás 1891—1970 közötti évi csapadékösszegeit gyűjtöttük össze és dolgoztuk fel. Meg kell jegyeznünk, hogy a kiválasztás szempontjai nem érvényesülhettek maradéktalanul. A legnehezebb volt a reprezentatív eloszlás követelményének eleget tenni, tekintettel arra, hogy a Föld jelentős területein későn kezdődtek az észlelések, s ezért rövidek az adatsorok, vagy pedig ma sincs észlelőállomás (pl. a kontinensek északi vidékei, Óceánia területei). Az állomáshálózat megszerkesztésekor kivételnek tekintettük Európát, mert ez a kontinens szűkebb környezetünket jelenti, s itt az állomássűrűség jóval nagyobb, mint más kontinenseken. Nem tudtunk mindenütt eleget tenni a hiánymentesség követelményének sem. Több állomásnál az adatsor első vagy utolsó egy-két értéke hiányzott, de a feldolgozott sorok 75%-a hiánytalan.

Az állomáshálózat ugyanaz, mint előző cikkünkben (Időjárás, 1978. 82. évf. 3. szám, 131. old.).

Az észlelési sorokban levő periodicitás kimutatására alkalmazható módszer — többek között — a *harmonikus analízis* módszere. A harmonikus analízis lényege, hogy egy adott $f(x)$ periodikus függvényt egy vele pontosan vagy közelítőleg egyenlő

$$y(x)=\bar{y}+\sum_i A_i \sin\left(\frac{2\pi}{T_i}x+\varphi_i\right)$$

trigonometrikus összeggel helyettesíthetjük, ahol

$$A_i=\sqrt{a_i^2+b_i^2} \qquad \varphi_i=\operatorname{arc\,tg}\frac{a_i}{b_i}$$

(ahol A a T periódushoz tartozó amplitúdó, φ a T periódushoz tartozó fázisszög, $\bar{y}$ a sor átlaga, x az idő). Ez az $y(x)$ összeg akkor közelíti meg legjobban az $f(x)$ függvényt, ha a_i-k és b_i-k helyébe az $f(x)$ függvény *Fourier*-féle együtthatóit helyettesítjük, melyeket a *Bessel*-féle képletekkel határoztunk meg.

A közelítőösszeg egy-egy tagjának paramétereit kiszámítva megkapjuk egy-egy periódus karakterisztikáit, azaz a periódusra jellemző amplitúdó nagyságát, valamint a periódus fázisszögét, mely a hullámnak a kiindulási évhez viszonyított helyzetét határozza meg.

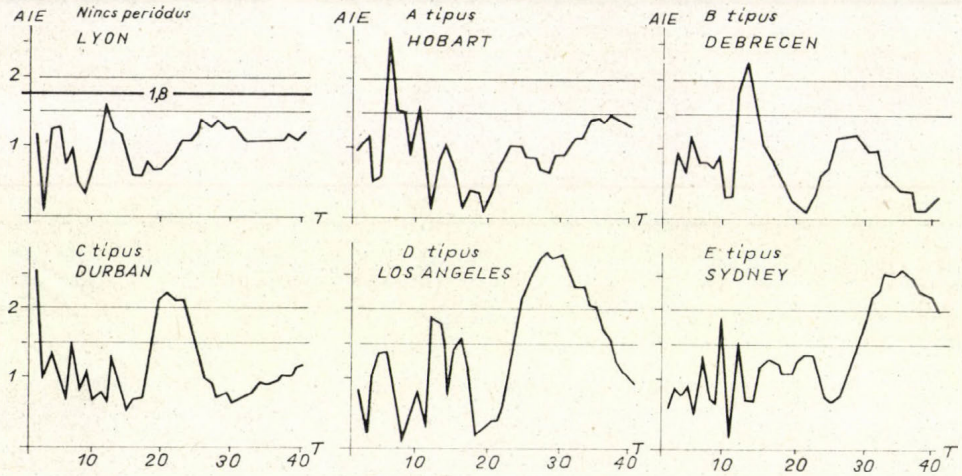
Adott hosszúságú idősor esetén a periódushosszat növelve az idősoron végigfutó hullámok száma csökken, s egy bizonyos határon túl csökken a periodikus ingás paramétereinek statisztikai megbízhatósága is. Emiatt a 80 éves idősorok esetében a 2—40 éves periodusok jellemzőit határoztuk meg, a 35 évnél hosszabb ingások értékeit már csak fenntartással fogadva.

Hogy az esetleges hosszú idejű szisztematikus csapadéknövekedés vagy csökkenés hatását kiküszöböljük, nem az eredeti sor ingásainak amplitúdó- és fázisszögértékeit határoztuk meg, hanem az ún. „trendlevont sor" periódusainak karakterisztikáit. Legyen az eredeti észlelési sor jele $f(x)$ a trendegyenes pontjaié $t(x)$, ekkor a trendlevont sor értékei $tv(x)=f(x)-t(x)$.

A továbbiakban megvizsgáltuk, hogy hogyan értékeljük a kapott perió-

dusokat, mivel a számítások során olyan hullámok is megjelenhetnek, amelyek az adatok véletlenszerű elrendeződéséből erednek. Az ilyen ingások kizárására szűrőnek alkalmazható az A/E viszonyszám, vagyis az A amplitúdó és az E expektancia (az amplitúdók várható értéke) aránya. Az expektancia az

$$E = \sigma \sqrt{\frac{\pi}{N}}$$



1. ábra: A periódus nélküli periodogram és az A, B, C, D, E típusra jellemző periodogramok
Fig. 1: Periodogram for the case "no period", and the periodograms that are characteristic for the types A, B, C, D, E

kifejezéssel adható meg, ahol σ az adatok szórása, N a teljes adatsor tagjainak száma.

Ha a kapott amplitúdóértéket az expektancia arányában fejezzük ki, az A/E hányados a következő módon mutatja annak P valószínűségét, hogy a periódus az adatok véletlenszerű elrendezéséből ered:

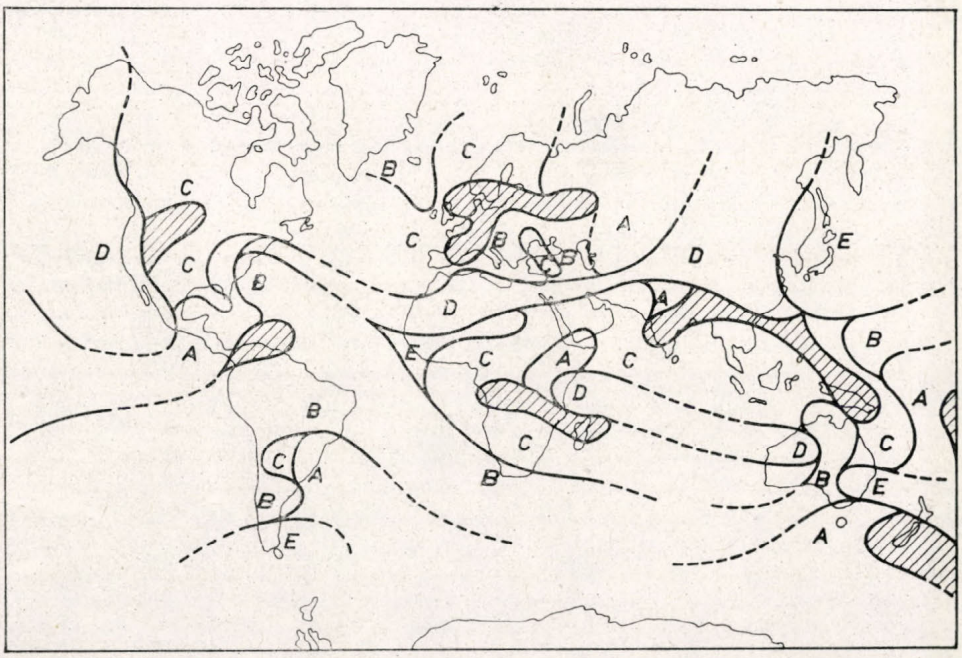
A/E	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
P	0,8217	0,4559	0,1708	0,0432	0,0074	0,0009

Ha elég nagy A/E értéket kapunk, kicsi a valószínűsége annak, hogy véletlenszerű a periódus, azaz matematikailag reálisnak vehető. Általában az $A/E > 2$ érték már elfogadható (5%-os valószínűségi szint).

A számítások a JATE Kibernetikai Laboratóriumának R-40-es számítógépén történtek.

A harmonikus analízis során nyert értékekből megszerkesztettük a $p(t) = A/E$ periodogramokat, azaz a periódushossz függvényében ábrázoltuk az A/E hányados értékét *(1. ábra)*. A periodogramokról közvetlenül leolvasható, hogy adott idősorra mely periódus a jellemző, azaz melyikhez tartozik a legnagyobb amplitúdó érték.

A legjellemzőbb periódus megállapitása után típusokba csoportosítottuk a meghatározó periódusokat, illetve ezen periódusokkal jellemzett állomásokat. A legnagyobb amqlitúdójú periódusok gyakoriságát figyelve arra a következtetésre jutottunk, hogy nem egy-egy kitüntetett és szigorúan meghatározott periódus gyakorisága a legnagyobb, hanem a periódusértékek *egy-egy intervallumán belül* fordulnak elő leggyakrabban a nagy A/E értékkel jellem-



2. ábra: A periódustípusok területi eloszlása (a vonalkázott területen nincs periódus)
Fig. 2: Areal distribution of the types of periods (on the shadowed area, there are no period)

zett ingások. Ezek alapján csoportokat jelöltünk ki a leggyakrabban előforduló periódusokból. Ilyen módon hatféle periódus-intervallumot állapítottunk meg:

A típus: ahol az 5—9 év közötti periódus jellemző (18 állomás).
B típus: ahol a 12—15 év közötti periódus jellemző (21 állomás).
C típus: ahol a 19—23 év közötti periódus jellemző (28 állomás).
D típus: ahol a 27—31 év közötti periódus jellemző (15 állomás).
E típus: ahol a 35 éves és annál hosszabb periódusok a jellemzők (9 állomás)
F típus: ahol nincs periódus, azaz az A/E hányados maximális értéke sem haladja meg az 1,8 küszöbértéket (25 állomás).

(Az 1. ábrán mindegyik típusra bemutatunk egy-egy jellemző periodogramot.)

Az állomások típusokba sorolása után térképre vittük a periódusoknak megfelelő jelöléseket. Eredményeképpen a Föld felszínét felosztottuk az egyes típusoknak megfelelően, néhol a megállapítható területi rendszer alapján feltételezve egyik vagy másik típus jelenlétét *(2. ábra)*.

Megállapítható, hogy a Föld jelentős területein a csapadék hosszabb időszakra vonatkozó eloszlása egyenletes járású, a csapadék mennyiségében nincs ritmizáció. Jellemző az Európa nyugati — és kisebb mértékben — északi, északkeleti területeire, Észak-Amerika középső, Dél-Amerika északi vidékeire. Egyenletes csapadékjárású régiók találhatók továbbá Indiában, Hátsó-Indiában Új-Guineáig kiterjedően, valamint Afrika déli szélesség 10 — 20 fok közötti sávjában, és kisebb területen Óceániában.

Földünk nagyobb részére azonban az jellemző, hogy a csapadék-idősorokban statisztikailag reális, periodikus változások mutatkoznak (a vizsgált 116 állomás közül 91-en az összes eset 78,4%-ában elemezhetők ki reális periódusok). Csapadékingadozással jellemzett, jól összefüggő területek állapíthatók meg a rendszeren belül Észak-Amerikában, ahol szinte az egész kontinensen a 19 — 23 éves, a nyugati partokon pedig a 27 — 31 éves periódusok az uralkodók. Dél-Amerika túlnyomó többségében a 12 — 15 éves ingás a jellemző, hasonlóan Afrika legdélibb területeihez. Afrika más vidékein a 19 — 23 éves periódus gyakori, de nem alakult ki egységes, összefüggő terület, ugyanis egy-egy 5 — 9 és 27 — 31 év közötti periódussal jellemzett állomás megbontja az egységet. A kontinens északi régióban a 27 — 31 éves ingás a legerősebb, s ez állapítható meg Ázsia déli, délkeleti részére vonatkozóan is. Ázsia keleti vidékein viszont a 35 éves és annál hosszabb periódus az uralkodó, de ezeket a periódusokat az adatsor viszonylagos rövidsége miatt fenntartással kell fogadnunk. A földfelszín egyéb tájain csak kisebb területek jelölhetők ki a periódustípusokra nézve, amelyek néhol — főleg Ausztráliában s a vele szomszédos óceániai szigeteken — meglehetősen tarka képet rajzolnak ki.

A legjellemzőbb periódusok megoszlásának meghatározására valamennyi állomás összes $A/E > 2$ értékeinek T periódus szerinti gyakorisági eloszlását is megvizsgáltuk. A 116 állomásra kiszámított 2 — 40 éves periódusokra adódó $39 \times 116 = 4524$ A/E érték közül 356 esetben (7,9%-ban) találtunk 2-nél nagyobb értéket, azaz átlagosan periódustípusonként $9{,}2 \approx 9$ alkalommal. Az egyes periódusokhoz tartozó $A/E > 2$ értékek gyakoriságát az *I. táblázat* foglalja össze.

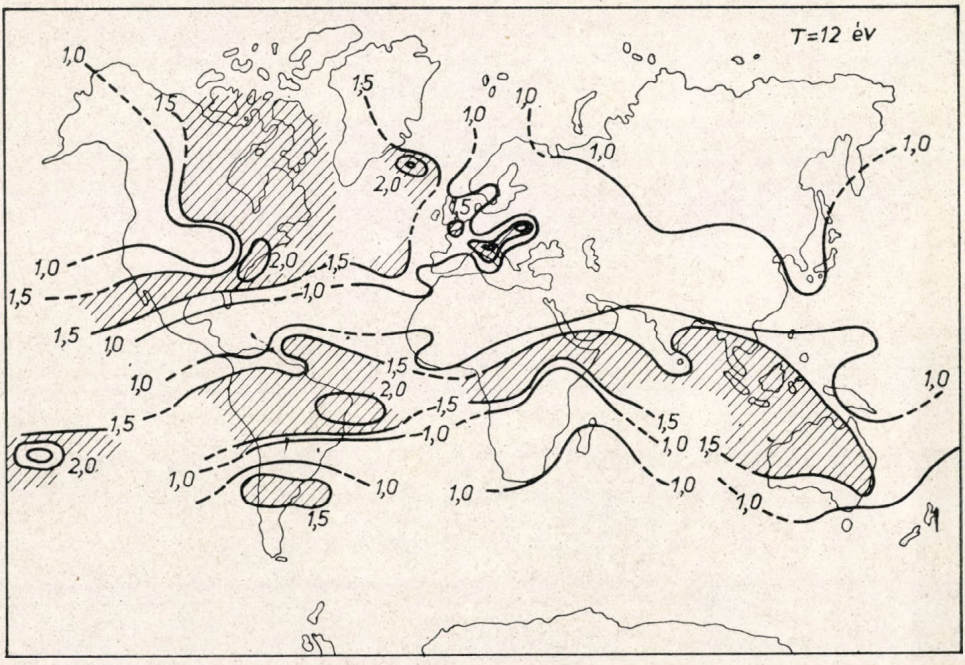
I. TÁBLÁZAT — TABLE I.

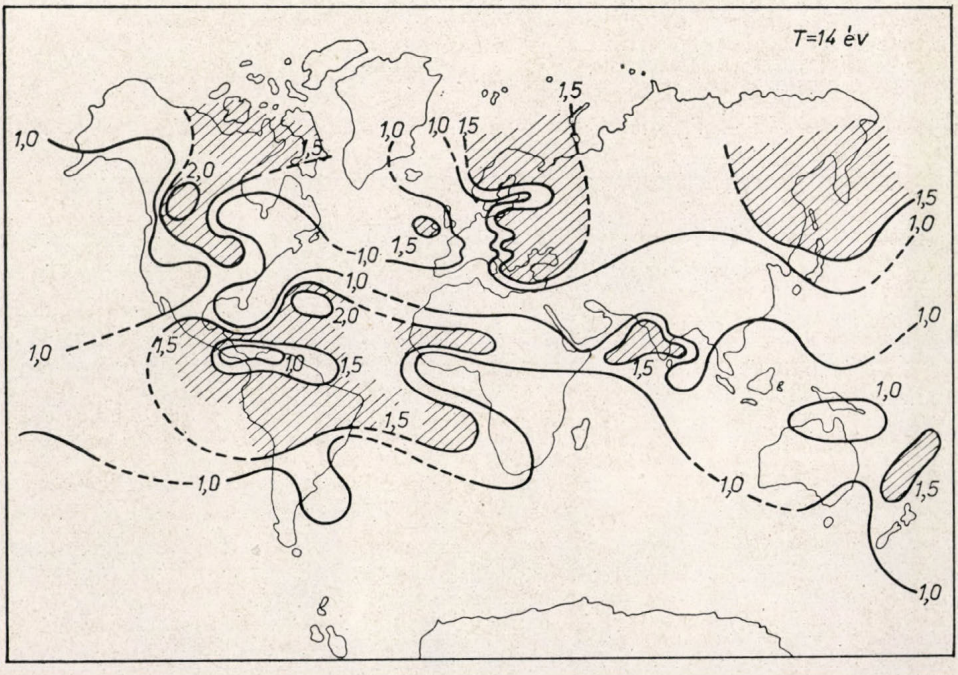
Az A/E *értékek* T *periódus szerinti gyakorisága*
Frequency of A/E values according to the period T

T periódus	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
A/E	2	9	3	4	9	6	5	3	6	3	3	7	7	6	4	3	4	8	8	7	9	12
							29							24						12		

T periódus	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
A/E	2	13	12	11	11	11	11	12	16	16	16	16	14	12	13	12	11	11	12
							66								71			

Egy-egy periódusintervallum további, részletesebb elemzése úgy végezhető el, hogy minden intervallumból kiválasztunk egy-egy periódust, s megszerkesztjük a kiválasztott ingások A/E és fázisszög értékeinek térképeit. Ezekből a térképekből tájékoztatást kaphatunk az egyes periódusok eredetére vonatkozóan, ahol az A/E értékek csökkenése és a fázisszögek növekedési



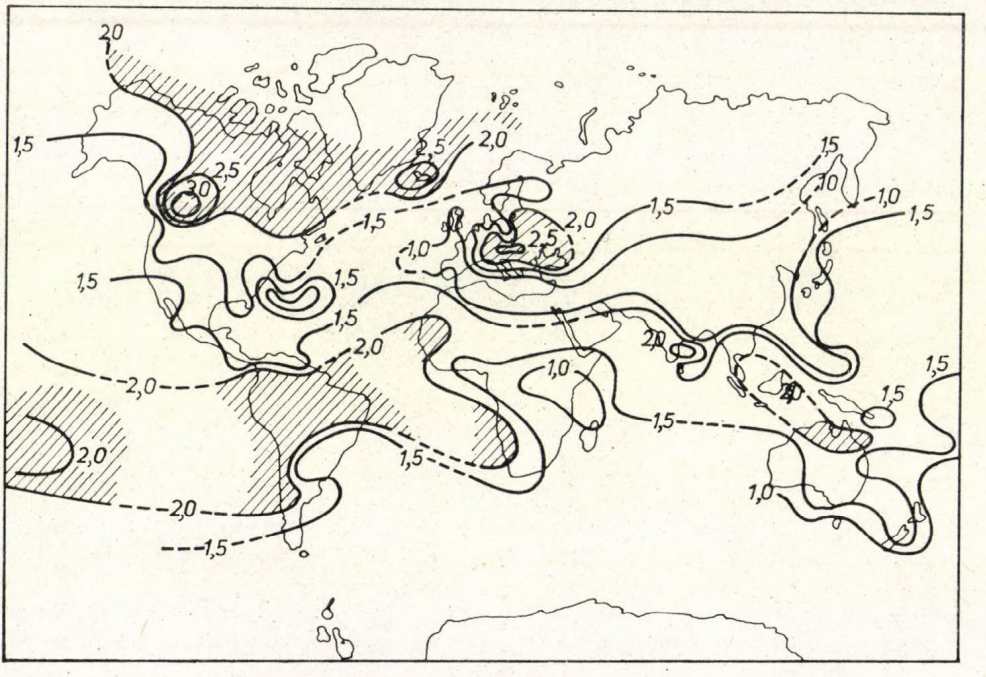


3. ábra: A T=12 és a T=14 éves periódus A/E értékei

Fig. 3: A/E values of the periods T=12 and T=14

aránya árulja el az egyes hullámok látszólagos mozgásának irányát, azaz a periódus eredő helyét.

Valamennyi periódustípusra vonatkozó részletesebb elemzés bemutatását ezen tanulmány terjedelme nem teszi lehetővé, ezért csupán a *B* típusból, azaz a 12—15 éves periódusintervallumból választottuk ki a $T=12$ és $T=14$ éves ingásokat, s megszerkesztettük a hozzájuk tartozó A/E értékek térképét. *(3. ábra.)* Azért esett erre a típusra a választásunk, mert Magyarország csapa-



4. ábra: A 12—15 éves periódus-intervallum maximális A/E értékei
Fig. 4: Maximum A/E values of the period interval 12 to 15 years

dékában épp a 13—15 éves ingás a legjellemzőbb, mint azt már korábbi vizsgálataiban *Péczely* (1973) kimutatta, megállapítván hogy: „Egybehangzó . . . a 13—15 év között megnyilvánuló periodicitás. E periódusok a nyári félév csapadékában a legerősebbek . . .” Érdekes kérdés tehát, mennyire általános a Föld egészére nézve ez a periódus.

Az A/E értékek egyenlőségi görbéinek térképei megerősítik a fent említett eredményt Magyarországra, illetve Közép-Európára vonatkozóan. A $T=12$ és $T=14$ éves periódusok térképeit összevetve szembetűnő, hogy megközelítően azonos a magas amplitúdó értékek területe a két periódus esetében, a 12 éves periódus azonban markánsabb, nagyobb területet jellemez. Az Egyenlítő mentén található legnagyobb amplitúdóértékek övezete szinte teljesen körbefut az egész Föld felszínén, összefüggő gyűrűt alkotva a 12 éves periódusnál, míg a 14 éves periódus esetében felszakad ez az egységes öv, s csak Dél-Amerika és Közép-Amerika vidékein marad jellemző, Kelet-Afrikáig kiterjedően, s kisebb foltokban India és Óceánia Ausztráliával szomszédos területein. Határozottabb a 12 éves periódus az Egyenlítő-menti övezeten kívül is, nagyobb

területeket foglal el, pl. Észak-Amerikában. Európában viszont a 14 éves periódus a jellemzőbb, s megjelenik a 14 éves periódus Ázsia keleti tartományaiban is.

Végül elkészítettük a 12—15 éves periódusintervallum ún. „gyűjtőtérképét" is, amit úgy szerkesztettünk meg, hogy a 12—15 évekhez tartozó A/E értékek közül mindig a legnagyobbat választottuk ki minden állomásnál, s ezt a maximális értéket vittük térképre. (A 12 éves periódus A/E értékeit 40-szer, a 13 éves periódusét 28-szor, a 14 évesét 21 alkalommal, végül a 15 évhez tartozó értékeket 27-szer. A kiválasztások száma is mutatja a 12 éves periódus döntő jellegét az intervallumon belül. *4. ábra.)* Természetesen a gyűjtőtérkép nem különbözik lényegesen a 12, illetve 14 éves periódus térképeitől, de újra kiemeli, hogy a B típusú csapadékingás jellemző Dél-Amerika túlnyomó többségén, Közép-Európában, s Észak-Amerika keleti, északkeleti vidékein.

Vizsgálatunk eredményét összefoglalva megállapítható, hogy a Föld felszínének legnagyobb részén kimutatható ritmizáció a csapadék eloszlásában, ám területenként más-más periódus a jellemző. Az egyes periódusok A/E és fázisszögtérképe tájékoztatást nyújthat a periódus eredő helyéről, és ezek az elemzések hozzájárulhatnak a periódusok jelenleg még ismeretlen fizikai okainak feltárásához.

IRODALOM

Péczely Gy. — Csomor M. (1973.): Magyarország nyári csapadékának periodicitásai. MTA X. Osztályának Közleményei (6)1—4. pp. 31—36.

A. Koflanovits (1977.): A csapadékmennyiség változékonyságának elemzése Közép-Európában. Az OMSZ Kisebb Kiadványai 42. sz.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 82. évf. 6. szám, 1978. nov.—dec.
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 82 No. 6 Nov—Dec 1978 Budapest

Magaslégköri adatok minőségellenőrző programjának felépítése és működése

OZORAI ZOLTÁN, *Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest*

The Outlines and Actions of a Computer Programme Designed for the Quality Control of High-Level Data. A computer programme was prepared for the quality control of measured data disseminated in TEMP messages. The programme compared the geopotentials, wind directions and forces on a given isobaric surface of three RS stations selected from a network surrounding Budapest. At last there are presented the results gained by the calculations of the programme. 1. The quadric surface fits very well to the isobaric surface over the discussed territory. 2. The programme proves if the data are good, it is able to supply the missing values, but it cannot indicate which ones are erroneous.

*

Строение и работа программы проверки качества аэрологических данных. Для проверки качества аэрологических данных, содержащихся в телеграммах TEMP, разработана программа для ЭВМ. При помощи этой программы были сопоставлены геопотенциалы, направления и скорости ветра, полученные на заданном уровне над тремя радиозондовыми станциями, выбранными из сети вокруг Будапешта. В настоящей работе подробно описываются операции, выполненные программой. В заключение приводятся полученные таким образом результаты. 1. Вторичная поверхность хорошо укладывается в изобары над изучавшимся районом. 2. Программа выявляет правильность данных, может дополнить отсутствующие величины, но не указывает на то, где имеются погрешности.

*

A TEMP táviratokba foglalt magaslégköri adatok minőségellenőrzésére egy QCA jelű számítógépes programot dolgoztunk ki.

Mint ismeretes, a táviratok minőségellenőrzése csak akkor lehetséges, ha 1) redundáns adatok vannak benne, vagy ha 2) a sürgönyzött adatok között fizikai összefüggések állanak fenn. Tehát a külső, formai, ill. a belső, fizikai ellentmondások mutathatnak rá a hibás adatokra.

Az első példa lehet a SYNOP táviratokban a látástávolság és a jelenlegi időjárás ellentmondása köd esetén.

A másodikra példa, ha a TEMP táviratokban valamely vastagabb rétegben a függőleges hőmérsékleti gradiens nagyobb, mint 1 fok.

A TEMP táviratokban — egyebek között — a fő izobár szintek geopotenciálja, nyomása, hőmérséklete, harmatpont-depressziója és széladatai szerepelnek. Ezek között kell fizikai összefüggéseket találni a minőségellenőrzés céljából. De amíg a nyomás, geopotenciál és hőmérsékleti adatok között egy mérésen belül is lehetnek ellentmondások, a széladatok ellenőrzéséhez — geosztrófiát feltételezve — a geopotenciálmező gradienseire is szükség van, azaz 1 állomás adatai már nem elegendők.

A geopotenciál, nyomás és hőmérsékleti értékek ellenőrzésére egy táviraton belül már történt kísérlet, amint arról egy *Időjárás* cikkben (76. évf. 326—333. old. 1972.) beszámoltunk. Bár volt benne utalás számítógépes felhasználásra, elsősorban kézi számolásra készült.

A széladatok ellenőrzése végett több (legalább három) állomás egyidejű jelentéseinek feldolgozása szükséges. Ez már nem képzelhető el számítógép nélkül. Természetesen a „real time" kontroll lenne jó, amikor a jelentéseket még kiadásuk előtt javítani lehetne, de ez sajnos nem lehetséges, mivel — amint említettük — legalább három táviratra van szükség. Így tehát csak arra nyílik lehetőség, hogy az adatbankba raktározás előtt végezzük el az ellenőrzést.

Az objektív analízisek szintén a geosztrófia feltételezésével létesítenek kapcsolatot a geopotenciálok és a széladatok között. Kézenfekvő volt, hogy ezek segítségével próbáljuk meg problémánkat megoldani. Választásunk a *Bushby—Huckle* objektív analízisre esett, amely a rácspont geopotenciálokat a következőképpen interpolálja:

A rácspont mint origó körül felvesznek egy kört, amelynek sugara 6 rácstávolsággal egyenlő, majd ezen belül kitűzik az állomásokat. Ezekhez illesztenek egy másodrendű felületet a legkisebb négyzetes eltérések alapján, de az egyes állomásoknál egy súlytényezőt vesznek figyelembe. Ennek alakja:

$$p = \frac{1}{1 + 2^{-33}\ 10^8\ r^4\ \beta^{-4}}$$

ahol r a rácstávolság,

β a térkép torzítási tényezője.

A súlytényező r-től való függése így alakul: ha $r=0$, $p=1$, majd lassan csökken egészen $r=1{,}5$-ig, ezután $r=4{,}5$-ig gyorsan csökken és végül ellaposodik a görbe.

Célul a budapesti és szegedi TEMP táviratok minőségellenőrzését tűztük ki. Ezért az objektív analízis keretét leszűkítettük a Budapest körül elhelyezkedő 8 TEMP állomásra. A rácstávolságot 200 km-ben szabtuk meg.

Az első kísérletet *Hewlett—Packard* számítógéppel hajtottuk végre. Ennek eredményeiről egy Meteorológiai Társaságban tartott előadáson számoltunk be. Ennek tapasztalatait a későbbiekben felhasználtuk.

A kísérletben a p súlytényező alkalmazásától eltekintettünk, mivel a Budapesttől legtávolabb fekvő állomás, Prága, mindössze 2,3 rácstávolságra esik. A legkisebb négyzetes eltéréssel illeszkedő másodrendű felületet csak Budapest középponttal határoztuk meg, majd ennek ismeretével számítottuk ki mind a 9 állomásra az adott szint geopotenciálját és széladatait. Úgy láttuk, hogy egyetlen másodrendű felület jó egyezésben van a mért adatokkal.

Az így szerzett tapasztalatok alapján alakult ki egy újabb módszer, amelytől megkívántuk, hogy minél kisebb legyen az igénybe vett állomások száma.

Az illesztendő másodrendű felület egyenlete:

$$H(xy) = ax^2 + by^2 + 2hxy + 2gx + 2fy + c \qquad (1)$$

megadja, hogy adott (x,y) koordinátájú pontban mekkora a H geopotenciál. (Ezt H típusú egyenletnek neveztük.) Felírhatjuk, hogyha ismerjük a hat együtthatóját.

Geosztrófiát feltételezve a szélirány (D) és a szélerő (F) is összefügg a felület együtthatóival az alábbiak szerint:

$$F \sin (D-\lambda^*) = -\frac{\beta g}{fr}\frac{\partial H}{\partial y} \tag{2}$$

$$F \cos (D-\lambda^*) = -\frac{\beta g}{fr}\frac{\partial H}{\partial x} \tag{3}$$

ahol $\lambda^* \; (\lambda-\lambda_0)/\sqrt{2}$,
λ az (x,y) pontban levő állomás, ill.
λ_0 a koordinátarendszer origójának földrajzi hosszúsága,
β a térkép torzítási tényezője,
r a rácstávolság,
g a nehézségi gyorsulás és
f a Coriolis parameter.

Behelyettesítve a két parciális differenciálhányadost, a (2) és (3) egyenletek hányadosaként olyan elsőfokú egyenletet kapunk, amely az együtthatókon kívül (a, b, h, g, f) csak a D szélirányt tartalmazza. (D típusú egyenlet.)

A (2) és (3) egyenletek négyzetösszege pedig az együtthatók másodfokú függvényét adja és ezeken kívül csak az F szélerő szerepel benne (F típusú egyenlet).

Tehát minden mért adat egy-egy egyenletet ad a felületegyütthatók között, mégpedig a H típusú egyenletek mind a 6 együtthatót tartalmazzák, míg a D és F típusúak csak az első ötöt.

A felület hat együtthatójának meghatározására tehát 6 mért értékre van szükségünk, s ezek között legalább egynek geopotenciálnak kell lennie. Egy adott szinten egy állomás 3 adatot jelent, tehát egyenletrendszerünk megoldásához legalább 2 állomás 6 adata szükséges. Ellenőrzés csak akkor lehetséges, ha redundáns adatok is vannak.

Így esett választásunk három állomás 9 adatára. A 9 adat közül 6 adatot 84-féleképpen választhatunk ki. E 84 esetből egyet el kell hagynunk, amikor az egyenletrendszer 3 D és 3 F típusú egyenletből áll.

További egy esetben nincs probléma a megoldással, amikor 6 lineáris egyenletünk van.

Öt elsőfokú és egy másodfokú egyenletet 18-féleképpen választhatunk ki. Ennek a rendszernek a megoldását a következőképpen vázolhatjuk. Az öt elsőfokúból álló rendszert úgy írjuk fel, hogy a hatodik ismeretlent, a c-t, amely maximálisan csak háromban szerepel, átvisszük az egyenlet jobb oldalára. A rendszer megoldása megadja a keresett öt együtthatót, mint c-nek a függvényét. Ezeket behelyettesítve a hatodik, F típusú másodfokú egyenletbe, két c gyököt kapunk. Minthogy a c fizikailag a geopotenciál a (0,0) pontban, tehát közel esik a Budapesten mért geopotenciálhoz. Ilyen feltételezéssel kiválaszthatjuk a kettő gyök közül a helyeset és megkaphatjuk az összes együtthatót.

Hat első fokúból 15-féleképpen választhatunk ki négy első fokú egyenletet, s minden egyes variációhoz háromféleképpen 2 másodfokú egyenletet. Ez 45 eset. Az ilyen rendszerek megoldására is kidolgoztunk egy iterációs módszert. Ezeket azonban már nem vettük fel a QCA programba.

Ha ismerjük mind a hat együtthatót, kiszámíthatjuk azt a 3 H, D, ill. F értéket, amelyek nem szerepeltek az egyenletet meghatározó adatok között. A kontrollált értékek alapján kell felismerni, hogy a 9 bevitt adat közül melyik, vagy melyek hibásak. Elképzelésünk szerint

1 hibás esetén az ellenőrzések általában kis eltéréseket adnak, ha hibás adat

felhasználásával kerestük meg a felület együtthatóit, a többi esetben ez, és csakis ez, nagyobb eltérést mutat;

2 hibás esetén már bonyolultabb a helyzet, de még remény van a felismerésre;

több hibásat feltételezve, az ellenőrzött értékek olyan eloszlását kaphatjuk, amely lehetetlenné teszi a hibásak felismerését. Ilyenkor úgy lehetne folytatni az ellenőrzést, hogy az egyik állomás helyett egy szomszédosat veszünk fel és így tovább. Sok rossz adat feltételezése megkérdőjelezi az egész hibakutatási eljárást.

Eddig az elképzelések. Még mielőtt rátérünk a program futtatásával kapott tapasztalatokra, ki kell térni arra, hogy a program végül is mit számított ki, mert az eredmények bővíteni késztettek a programot.

Input-ként vagy kézzel, vagy erre a célra lyukasztott szalagról bevittük 3 állomás 9 csoportját, mégpedig *a)* az állomásszámot, *b)* egy megadott főszint geopotenciálját tartalmazó csoportot, valamint *c)* az idetartozó szélcsoportot (kódformában). A három állomás bármelyik lehet az adott 9 állomás közül. A program hibát jelez, ha

- az állomásszám nincs a listáján,
- a második vagy harmadik állomás geopotenciálja nem ugyanarról a főszintről származik, mint az elsőé,
- a szélirány nagyobb, mint 360°,
- a szélsebesség nagyobb, mint 200 m/s.

A dekódolásnál a program a csomókban megadott szélsebességet átszámítja m/s-ra.

A program a kontrollképpen kiszámított értékek mellé meghatározta a mért értéktől való eltérést és a jobb tájékozódás érdekében az ún. kategorizált hibanégyzetet. Ebből a szempontból a program egységnyi eltérésnek vette a következő különbségeket:

500 mb felett 10,	20 m/s alatt 2 m/s,
600 mb alatt 5 gpm geopotenciál-,	30 m/s alatt 3 m/s,
10 fok irány-,	30 m/s felett 5 m/s

különbséget. Ezek önkényesen megválasztott határok voltak, de a programban a határok bármikor megváltoztathatók.

A program 1—9-ig sorszámozva megadta az ellenőrzött értékeket, valamint — a későbbi azonosítás céljából — az együtt ellenőrzött elemek sorszámát.

A futtatás során kiderült, hogy a helyes *c* kiválasztása a priori nem lehetséges, mert a két gyök közt előfordult kicsiny eltérés is. Így az ellenőrzést mindkét gyök figyelembevételével hajtotta végre. Így az esetek száma 37-re nőtt, az eredeti 19 helyett. A „rossz *c*" alkalmazásával meteorológiailag értelmezhetetlen eredmények jöttek ki (pl. 50—100 m/s feletti szélerő). Ezek felderítése végett a számított felületet zebratérképeken mutatta be. A zebratérkép 1:5 000 000 léptéken ábrázolta a 9 állomást magába foglaló területen az izohipszákat, mégpedig 500 mb alatt 20 gpm-enként, 500 mb felett 40 gpm-enként. A közvetlen értelmezés céljából az origó környezetébe felírta az aktuális számított geopotenciált, automatikusan — az aktuális értékeknek megfelelően — módosította az egyes tartományok határait. (De mindig úgy, hogy a határ értéke mindig osztható volt 20-szal, ill. 40-nel.) Végül a határokat egy jelmagyarázaton kiírta.

Minthogy a zebratérkép számítása és nyomtatása időigényes volt (kb. 3 perc, ugyanis 1457 elemet kellett számolni), tehát csak egyes esetekben használtuk fel.

Valamennyi ellenőrzés után a számítógép összegyűjtve kiírta az egyes elemeknél kapott eredményeket (most már pontos meghatározással, mint pl. *H* 12843, *D* 11035 si.t.). Az ellenőrzésnél bevezetett kényszerkorlátozások miatt a szélsebességekre 25 – 25, a többi elemre 6 – 6 adatot számított. A jobb áttekintés végett ezek alá a táblázatok alá kiírta még a kategorizált hibanégyzetek gyakoriságát 36-ig egyenként, illetve 49 vagy ennél nagyobb értékek előfordulását összesítve.

Az elmondott elképzelésnek megfelelően még egy műveletet végzett a program. Kiválasztotta azokat a hármas kontrollokat, amelyek között legalább két esetben kicsi volt az eltérés. Azt, hogy mit nyilvánított jónak, ill. hány hibásat engedett meg, a futtatás előtt programozható volt. Az ilyenképpen jónak minősített esetekben a kapott felületegyütthatókat közepelte és ezek alapján mind a 9 állomásra számolt értékeket és ezeket mint „legvalószínűbb adatok"-at kiírta és végül nyomtatott egy zebratérképet.

I. TÁBLÁZAT—TABLE I.

A táviratozott és a minőségellenőrző program számította magaslégköri adatok közötti kategorizált eltérések gyakoriságai egyes konkrét esetekben. Az a *sorban mind a 37 számított felület adatai szerepelnek, míg a* b *sor csak bizonyos elvek szerint kiválasztott* 19 *felület értékeit tartalmazza. A „0—2" oszlop a „kis", a „3—7" oszlop pedig a „nagy" hibák számát mutatja be*

The frequencies of the classified deviations between the high-level data disseminated by meteorological messages and computed by the quality control programme resp. in some actual cases. In the line *a* all the data of the computed 37 surfaces are compiled, since the line *b* consists only the values of 19 surfaces selected by certain principles. The column „0—2" shows the numbers of the "little" errors, since the column "3—7" does the numbers of the "large" ones

	Kategorizált hiba									
	0	1	2	3	4	5	6	7	0—2	3—7
1. a	6	11	13	3	7	11	7	53	30	81
1. b	6	10	11	3	4	6	4	13	27	30
2.	35	16	7	3	4	7	2	37	58	53
3.	14	12	8	8	6	1	2	36	34	53
4. a	39	21	7	3	5	3	4	29	67	44
4. b	37	17	3	—	—	—	—	—	57	—
5. a	33	21	7	8	4	3	3	32	61	50
5. b	33	19	2	2	1	—	—	—	54	3
6. a	5	14	8	11	18	6	5	44	27	84
6. b	5	12	7	10	12	4	—	7	24	33

A program belövése alatt is már sok futtatás történt. Ezek adták az ötleteket a program bővítésére. A teljes műsort azonban aránylag kevés számítás rögzíti.

A program futtatása során szerzett tapasztalatok

1. A program belövését Budapest—Wien—Szeged 1972. 06. 13. 12 GMT 500 mb-os adataival végeztük. Amikor a program végig futott, megnéztük a kategorizált hibanégyzetek eloszlását (*I. táblázat 1. a* sor).

Még ha figyelembe vesszük, hogy 18 felületről eleve tudjuk, hogy hibás (ez 54 hibás adatot jelöl a 111-ből), bonyolult eloszlást mutat, távol volt az elképzelésünktől. Az egyik elem-hatosból számított gyök képzetes volt, tehát tulajdonképpen 19 felület volt meteorológiailag interpretálhatatlan. Ez 57 hibás kontrollt adott.

2. Véletlenül találtunk egy másik példát: Kolozsvár—Belgrád—Zágráb 1972. 06. 13. 12 GMT 700 mb-os adatait. Ennél a hibaeloszlást az *I. táblázat 2.* sora adja. A hármas kontrollok közül 16 esetben 4 volt a maximális hibanégyzet, 3 esetben egy és ugyanazon elem eltérésének négyzete 64 volt, míg az együtt ellenőrzött másik két elem hibája elhanyagolhatónak mutatkozott. Ez már jobban egyezett az elképzeléseinkkel.

3. De, ha ugyanebben az időpontban és felületen másik állomás-hármast választottunk: Ungvár—Zágráb—Belgrád háromszöget, a program még végig sem szaladt, hanem nagy hibák után elszállt. Amíg futott a program (29×3 kontroll), az eloszlás nem volt nagyon rossz. Ezt bemutatja a *I. táblázat 3.* sora. Ha az elhanyagolhatóan kis hibákhoz hozzászámítjuk a 3. kategóriát is, a rosszak és a jók aránya 45:42, ami kielégítő. Ezek láttán kerestünk egy „jó" esetet:

4. Ezt mesterségesen állítottuk elő Budapest—Wien—Szeged 1972. 06. 13. 12 GMT 500 mb-os adataiból, olyanképpen, hogy az eredeti adatok között az első ellenőrzéskor számított szélsebességeket vittük be. A hibaeloszlást az *I. táblázat 4.a*, ill. *4.b* sora adja. A *4.a* sor szerint a kis hibásak (0—1—2 kategória) döntő fölényben vannak a nagyobb hibákkal szemben: 67:44. De, ha feltesszük, hogy a két „*c*" gyök közül egyik eleve hibás, s csak az egyiket vesszük figyelembe, az eltérések mind az 57 esetben az alacsony kategóriákba estek (*I. táblázat 4.b* sor).

II. TÁBLÁZAT—TABLE II.

A mért, ill. a minőségellenőrző program által legvalószínűbb értékként megadott magaslégköri adatok eltérései különböző felhasználási mód esetén

The deviations of the measured high-level data and these ones, which are given by the quality control programme as the most probable values gained by different way of use

Táviratozott értékek		1		2		3	
12 843	5740	5738	−2	5737	−1	5739	+1
	200	188	−12	187	−1	183	−5
	15	14	−1	14	0	13	−1
11 035	5700	5700	0	5700	0	5704	+4
	180	179	−1	181	+2	175	−4
	19	18	−1	18	0	17	−1
12 982	5750	5751	+1	5751	0	5750	−1
	210	194	−16	192	−2	186	−8
	14	13	−1	13	0	12	−1

5. Tapasztalatok a „legvalószínűbb adatok"-kal.

a) A már elmondott eljárással kiszámítottuk a „legvalószínűbb adatokat". Ezek összehasonlítását a mérési adatokkal a *II. táblázat*on mutatjuk be.

Látható, hogy ezek az adatok közel állanak a táviratozott értékekhez (1. oszlop). Ez azt mondja ki, hogy az eredeti adatokhoz közelálló értékek olyan másodrendű felületet határoznak meg, amely jó közelítését adja a tényleges izobárfelületnek.

b) Ha az eljárás elvileg helyes, újabb alkalmazásának nem szabad eltérő értékeket adnia. Nem is adott, amint azt a *II. táblázat* 1. és 2. oszlopának összehasonlításából is láthatjuk: a 2. oszlopban szereplő eltérések az 1. és 2. oszlop különbségét adják. Azonosságot nem lehet elvárni, hiszen a legvalószínűbb adatok egészszámra (gpm, fok, m/s) kerekítettek. A kerekítés pedig eltéréseket okozhat, amint azt később látni fogjuk.

Nézzük meg a kategorizált hibák eloszlását az eredeti adatoknál, majd az eljárás megismétlésekor. (*I. táblázat 1.a* ill. *5.a* sor.) Az 1.a sort már bemutattuk, amikor megállapítottuk, hogy a hibák előfordulása az alsó 7 kategóriában meglehetősen egyenletes. Az 5.a sor már jobb eloszlást mutat. A 111 esetből 61 esetben, tehát 55%-ban kicsiny a hiba. Vagyis megközelíti az ideális esetre vonatkozó elképzelésünket. Még feltűnőbb, ha egy szűrést hajtunk végre. Ezt úgy végezzük el hogy a felületek felét, amelyet a rossz „*c*" felhasználásával kaptunk, kivesszük. Így a 111 kontroll helyett csak 57-tel van dolgunk. Az így kapott eloszlást mutatja be az 1.b, ill. 5.b sor. Az 1.b sor szerint a 7. kategóriába tartozó nagy hibák előfordulása 53-ról 13-ra csökken. A kis hibák száma 30-ról 27-re, a 3—7 kategóriába esők száma pedig 81-ről 30-ra csökken. Az 5.b sor még nagyobb javulást mutat: Az 57 esetből 54 tartozik a 0—1—2 kategóriába, s a maximális hiba is csak a 4. kategóriába esik.

Úgy is megfogalmazhatjuk, hogy az eljárásunk „konvergens", azaz megismételve ugyanazokat az adatokat minősíti jónak.

c) Kísérletet hajtottunk végre abból a célból, hogy megfigyelhessük, mekkora hibát okoz a kódolási kerekítés. A következő eljárást választottuk: van egy adatsorunk, amely a kontrollok alapján jónak bizonyult: a legvalószínűbb adatok. Most is ezeket tápláltuk be a számítógépbe, de kódolt formában.

A hibanégyzet-eloszlás az *I. táblázat 6.a* és *6.b* sorában található. Ha ez nem is olyan rossz, mint az eredeti adatokkal kapott, de rosszabb, mint a pontos értékek adta sorozat. Az adatok ilyen romlását nyilván a kódolás okozta. Vegyük figyelembe azt is, hogy a vizsgált szinten (500 mb) a geopotenciál kódolási pontossága ± 5 gpm, a szélirányé ± 5 fok, a szélsebességé ± 1 m/s. Ezt a romlást jól mutatja a *II. táblázat* 3. oszlopa.

6. A felület területi korlátainak vizsgálata.

a) Megvizsgáltuk, hogy az a felület, amelyet az ún. legvalószínűbb adatokkal kaptunk, milyen mértékben érvényes az eredetileg felvett 9 állomásra. Ennek érdekében adott időpontban és adott szinten 3 különböző állomásháromszöget vettünk fel: 1. Budapest—Szeged—Zágráb, 2. Kolozsvár—Zágráb—Belgrád, 3. Wien—Zágráb—Szeged. A három futtatásból kapott legvalószínűbb adatokat összevetettük a táviratozott értékekkel. A kapott 81 eltérést az előjeltől függetlenül vizsgáltuk. A felső quintilis

a geopotenciáloknál	16 gpm,
a széliránynál	20 fok,
a szélerőnél	9 mps

volt. Ez azt mondja ki, hogy az egyezés általában jónak mondható, mert a felső quintilisben már csak a kiugró esetek foglalnak helyet. A mediánok megnyugtatóbbak: 4 gpm, illetve 11 fok, 3 m/s. Az egész adatsort megvizsgálva, feltűnt, hogy a szélirányoknál vannak a legnagyobb eltérések. A maximum 131 fok volt!

b) Az előbbi példában olyan szintet vizsgáltunk, amelyen az adatok a szinoptikus gyakorlat szerint jónak voltak mondhatók. A következő esetben azonban volt egy – láthatólag – rossz geopotenciál. A három háromszög: 1. Wien—Budapest—Szeged, 2. Prága—Kolozsvár—Zágráb és 3. Zágráb—Ungvár—Belgrád. Az előbbi módszerrel feldolgozva az eltéréseket a felső quintilis

a geopotenciáloknál	35 gpm,
a széliránynál	146 fok,
a szélerőnél	11 m/s,

azaz jelentősen magasabb, mint az előző példában. Ez várható is, hiszen, ha a táviratozott adatok között hibás van, ennek tükröződnie kell. Külön figyelmet szenteltünk a szélirányeltéréseknek, mivel túl magasaknak tűntek. Meghatároztuk a szélirányeltérések gyakoriságát 30 fokonként. Ebből csak két adatot emelünk ki. 0 és 30 fok közé esett 27 adatból 10 és a 150—180 fokos közbe 7. Azaz csaknem ugyanannyi a közel ellentétes szélirány, mint a kis eltérés! Ha ez reális lenne, az alapadatokból némi szinoptikus gyakorlattal ez eleve kideríthető lenne. A megoldást később adjuk meg.

7. A hibahatár szigorításának következményei.

A programozható hibahatár változtatásának következményeit is megvizsgáltuk. Elsősorban a megadott hibahatárt csökkentettük 6-ról 3-ra, majd 2-re. Minthogy itt csak kevesebb adat állt rendelkezésre, mindhárom elemnél együttesen vizsgáltuk az eltéréseket. A hibahatár szigorítása lényeges eltéréseket nem okozott.

8. A zebratérképekből vont következtetések.

Már a korábbi futtatások során feltűnt főleg az ún. rossz c alkalmazásával számított felületeknél, hogy a kontroll lehetetlen szélirányokat és szélsebességeket adott. A geopotenciálok nem szórtak ennyire. Mint említettük, ezeknek a kérdéseknek a tisztázására felvettük a programba a zebratérképek számítását és nyomtatását. Mivel ezeknek a printelése igen időigényes volt, korlátoztuk a végrehajtását. Mégpedig az első kontroll végére (ennél ugyanis csak egy megoldás van, mert az egyenletek lineárisak), majd a továbbiakban azokra az esetekre, amikor a kategorizált hiba elérte, vagy meghaladta a 7-et.

A rossz felületek általában éles nyereghelyzetek voltak. Amikor pedig kitalált adatokkal végeztük a futtatást, az eredmény ciklon helyett anticiklon lett!

Ennek okát kutatva a következő (elvi) hibára bukkantunk. Megvizsgálva a (2) és (3) egyenletet, amelyek a szélkomponensek és a felület együtthatói közti összefüggést adják meg és amelyekből osztással kaptuk meg a szélirányt tartalmazó, D típusú egyenletet, kiderül, hogy ez két értékű, és α és $180° + \alpha$ egyaránt kielégíti. A visszaszámításnál azonban már vigyáztunk erre és a komponensek előjelét is figyelembe vettük. Így a számított szélirány mindig megfelelt a zebratérképeknek, de hibás geopotenciálok esetén a program úgy hidalta át a nehézségeket, hogy ellentétesen értelmezte az egyik vagy másik szélirányt.

A tapasztalatokat összefoglalva a következőt állapíthatjuk meg.

A program adta eredmények segítségével igazolhatók, hogy a bevitt értékek megfelelnek-e a program szabta szigorú követelményeknek. A szigorú feltételeket a felület pontos illesztése állította fel. Amennyiben az adatokhoz közelálló értékeket ad a legvalószínűbb másodrendű felület, a táviratok helyesek. Ilyen helyzetben a program megbízhatóan pótolhatja Budapest vagy Szeged hiányzó adatait.

Segítségével bepillantást nyerhetünk abba, hogy a másodrendű felület mennyire illeszkedik az izobárfelülethez az adott korlátozott területen.

De a program nem alkalmas arra, hogy rámutasson a hibás adatokra.

Ez elsősorban azért áll fenn, mert a geopotenciálok, ill. szélirányok közül egyszerre kettőt nem tud ellenőrizni.

Hiányossága még a programnak, hogy nincs megoldva a „hibás" c kiválasztása. Ez kiküszöbölhető azzal, hogy a szélirány és szélerő helyett a két szélkomponenst tekintjük kiinduló adatnak. Ezzel ugyanis elkerülhetők a másodfokú egyenletek. A jelenlegi 19 ellenőrzés helyett 83 lenne végrehajtható. Ennek bevezetése azonban a program teljes átalakítását kívánja meg.

Nehézséget okoz az is, hogy egyszerre csak egy szint három állomásának adatait lehet bevinni, és így újra és újra végre kell hajtani az inputot.

A pozitív és negatív tapasztalatok birtokában alakult ki egy újabb minőségellenőrző program terve.

Befejezésül köszönetet mondok a számítóközpont minden dolgozójának a hasznos segítségért. Különösen sokat köszönhetek *Sass László*nak, *Kövér Bélá*nénak és *Pap Mária*nak főleg a programozás terén nyújtott tanácsokért.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 82. évf. 6. szám. 1978. nov.—dec.
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 82 No. 6 Nov—Dec 1978 Budapest

Megjegyzések és kiegészítések Szabó Éva: „Hűtőtornyok hatása a levegőkörnyezetre" című cikkéhez

MERSICH IVÁN, *Központi Meteorológiai Intézet, Budapest*

Szabó Éva: „Hűtőtornyok hatása a levegőkörnyezetre" című cikke az „Időjárás 1978/2. *számában, a* 103—110. *oldalakon jelent meg.* Vázlatosan ismertetjük a nem empirikus képleteken alapuló modellezési eljárásokat. Ezek segítségével a gőzcsóva hossza, a környezet relatív nedvességének a változása és a hőmérséklet növekedése adható meg. Utalunk a hűtőtornyok hőszennyezésének és a helyi szélrendszerben bekövetkező változásoknak vizsgálati lehetőségére.

*

Bevezetésül a későbbiek megvilágítására, az alábbi egyszerű meggondolásokat mutatjuk be:

Legyen egy széntüzelésű erőmű elektromos teljesítménye 1000 MW, hatásfoka 40%, ez erőműtelep területe 1 km², a kondenzációs hőveszteség pedig az erőmű összes energiafogyasztásának 50%-a. Ha feltesszük, hogy az erőmű egész éven át ugyanilyen feltételek mellett, folyamatosan üzemel, akkor a *kondenzációs hőveszteség*, az erőműtelep területére átlagolva $\sim 3{,}9 \cdot 10^{10}$ Ws/m² év. Ugyanakkor Budapesten a Meteorológiai Intézetben az 1936—1960-as évek átlagában, a *besugárzás értéke* $\sim 2{,}4 \cdot 10^{8}$ Ws/m² év. A két adatot összehasonlítva, látjuk, hogy a környezetnek átadott hő több mint százszorosa az átlagos besugárzásnak. Az átlagolások kiegyenlítő hatását elismerve, ezért azt mondhatjuk, hogy a légkörbe az adott helyen mesterségesen betáplált hő lényegesen meghaladja a természetes hőfelvételt.

Legyen ugyanezen erőműtelepen 2 db nedves, természetes huzatú, egyenként 80 m felső-belső átmérőjű hűtőtorony, a levegő kiáramlási sebessége pedig legyen 3 m/s. Ilyen feltételek mellett $\sim 1{,}1 \cdot 10^{8}$ m³/h nedves levegő áramlik ki, illetve fel e két toronyból.

Ha az erőmű 100 000 m³/h vizet igényel és cseppleválasztóval van ellátva, akkor az összes vízforgalom ~0,01%-a azaz ~10 m³/h (ha nincs cseppleválasztó úgy ~0,1 %-a, azaz ~100 m³/h) víz távozik cseppecskék alakjában a hűtőtornyokon keresztül. Legyen a párolgási veszteség ~1,5%, akkor ~1500 m³/h a vízgőzkibocsátás. (A fent föltételezett értékek az irodalomban elfogadott átlagértékek, lásd többek közt pl. *Hirschfelder* (1974), *Berliner* (1974).

Példáink egyértelműen bizonyítják, hogy a hűtőtornyoknak a levegőkörnyezetre gyakorolt befolyása jelentős és ennek mértékével, módosító hatásaival a meteorológusoknak is foglalkozniuk kell.

Érdeklődésünkre számot tartó környezeti hatások (ahogy ezt a szerző is részben összefoglalta) a következők lehetnek:

1) Csapadékkeltés ill. az átlagos csapadék növekedése.
2) A környező levegő relatív nedvességének növekedése.
3) A környező levegő hőmérsékletének növekedése (hőszennyezés).
4) Helyi szélrendszer kialakulása.
5) Cumulus-aktivitás erősödése.
6) A gőzcsóva árnyékoló hatása.

A felsorolt jelenségek mérése rendkívül nehéz, mert az egyedileg mért értékek a kimutathatóság határán mozognak. A korszerű hűtőtornyok esetén, külön-külön az egyes környezeti hatások területi és időbeni átlaga elhanyagolható *(Schiffers,* 1977), azonban együttes fellépésük helyenként és időnként lényeges környezeti változásokat okozhat. Ezért a tervezéseknél szükséges a fenti jelenségek várható bekövetkezésének előrejelzése. Így alakult ki a hűtőtornyok környezeti hatásának modellezésével foglalkozó szakterület.

Az irodalomban a jelenségek leírására két lényegileg eltérő módszert találhatunk:

1) Empirikus összefüggések segítségével írják le az egyes jelenségeket (elsősorban a gőzcsóva hosszának becslésére használatos).

2) A fizikai-meteorológiai folyamatokat reprezentáló differenciálegyenlet-rendszerek megoldásával a jelenségek együttesét vizsgálják.

Míg az első módszert főként a téma élédésének időszakában használták, addig a második eljárás az utóbbi néhány évben vált döntő jelentőségűvé.

Szabó (1978) elsősorban az *empirikus összefüggéseket* bemutató irodalmat foglalja össze. Az ismertetett módszerek a környezetvédelmi feladatok, intézkedések elvégzéséhez és különböző tervezési, termelési kérdésekhez talán elegendő és kielégítő pontosságú adatokat szolgáltatnak, azonban a lezajló meteorológiai folyamatok *lényegi megértését* nem segítik elő. Ezen túlmenőleg a szerző részletesen csak a csapadékkeltés szemszögéből vizsgálta a kérdést. Figyelembe véve, hogy a maximális szitálás néhány tized mm/h körül mozog *(Marquardt* és *Ihle* 1977) és az éves átlagcsapadék növekedése esetleg néhány százalékot teszi ki *(Schiffers* 1977) – amely egyáltalán nem szignifikáns – azt kell mondanunk, hogy a környező levegő relatív nedvességének a növekedése, vagy a hőmérséklet növekedése, vagy a helyi szélrendszer kialakulása ugyanolyan, vagy még jelentősebb tárgya lehet a hűtőtornyok környezeti hatásával kapcsolatos vizsgálatoknak. A cikkben bemutatott módszerek nem alkalmasak a fenti kérdések igényes vizsgálatára. Ezért, ha vázlatosan is, a következőkben a hiányolt témakörök irodalmát ismertetjük, befejezésül pedig, a szokásosnál részletesebb irodalomjegyzéket adunk.

Morton (1957), *Slawson* és *Csanády* (1967), *Csanády* (1971) voltak azok, akik a cumulus felhők kialakulásának, fejlődésének vizsgálati módszereit először alkalmazták a gőzcsóvák környezeti hatásának leírására. Lényegileg hasonló módon közelítettek a kérdéshez *Slawson* és *Wigley* (1972), *Weil* (1974), *Wigley* (1975) és *Hanna* (1976). Az általuk alkalmazott módszer lényege, hogy a keresett paraméterekre, a csóva hőmérsékletére, víztartalmára, emelkedésére és haladására, valamint kiterjedésére a megfelelő megmaradási egyenleteket írták fel. Példaként *Wigley* és *Slawson* (1975) egyenletrendszerét mutatjuk be. A rendszer a tömeg, a víz- és vízgőztartalom, az energia, valamint a vertikális és horizontális impulzus megmaradási egyenleteit tartalmazza:

$$\frac{d}{dt}(VR^2) = \frac{2v_e}{R} VR^2$$

$$\frac{d}{dt}[VR^2(\Delta q + \vartheta)] = -GVR^2V_z$$

$$\frac{d}{dt}\left[VR^2 g\left(\frac{\Delta T^*}{T_k^*} - \frac{L\vartheta}{C_p T_k^*}\right)\right] = -N^2 VR^2 V_z$$

$$\frac{d}{dt}(VR^2V_z) = gVR^2\left(\frac{\Delta T^*}{T_k^*} - \vartheta\right)$$

$$\frac{d}{dt}(VR^2V_x) = U\frac{d}{dt}(VR^2)$$

ahol V – a csóva sebessége, a csóva tengelye mentén mérve

V_x, V_y – a csóva horizontális és vertikális sebessége

R – a csóva sugara

v_e – a bekeveredési sebesség

Θ – a víztartalom

$\Delta q = q_{cs} - q_k$ – a csóva és a környezet specifikus nedvességének különbsége

G – a környező levegő nedvességgradiense dq_k/dz

g – a nehézségi gyorsulás

T – a virtuális hőmérséklet $\Delta T^* = T_{cs}^* - T_k^*$

L – a latens hő

c_p – az állandó nyomáson számított fajhő

N^2 – a Väisälä-frekvencia $N^2 = (g/T_k)(d\Theta_k/dZ)$

U – a horizontális szélesbesség.

A fenti és a hozzá hasonló rendszerek segítségével megadható a gőzcsóva hossza, a csóva relatív nedvességének és hőmérsékletének változása. A megfelelő mikrofizikai folyamatok (párolgás, kondenzáció, koaguláció) figyelembevételével a víztartalom és cseppspektrum, továbbá a csóva túltelítettségének mértéke *(Wigley* 1975), s így az esetleges kihullott csapadék (ami általában nem következik be) is kiszámítható.

Természetesen a fenti feladatmegoldás is több buktatót rejt magában. Ebből kettőt emelünk ki:

1. A túltelítettség mértékének meghatározása.
2. A bekeveredési sebesség becslése.

A túltelítettségnek az egyenletrendszerbe való bevonását a mikrofizikai folyamatok figyelembevétele teszi szükségessé. A nehézséget az új összefüggés felállítása, vagy a meglevő rendszer megfelelő egyszerűsítése jelenti. Az első esetre mint lehetőséget javasolhatjuk a felhőfizikában használatos módszert, amelyet *Squires* (1952) fejtett ki. (Megfelelő fizikai feltételek mellett a víztartalom és a keverési arány változásának az összege zérus.) A másodiknak említett eljárást *Wigley* (1975) alkalmazta, amikor feltételezte, hogy a légkör tökéletesen átkeveredett, azaz mind a hőmérsékleti grandiens, mind a specifikus nedvességgrandiens értéke zérus.

A bekeveredési sebesség, amely a környezet és a csóva turbulens kölcsönhatását

hivatott megadni, jelenlegi ismereteink szerint nagyon nehezen fogható meg. Első közelítésben a vertikális sebesség függvényében szokás kifejezni. (Például *Wigley* (1975) az alábbi alakot alkalmazta: $v_e = \alpha . w$, ahol w a vertikális sebesség, α állandó.) Az eltérés általában a megfelelő állandó értékének megválasztásában van. Figyelemre méltó *Hanna* (1976) eljárása, aki a hőre, nedvességre és tömegre más-más állandó értékeket ad meg. További érdekes eljárások: *Stephen* és *Moroz* (1976) a tornyot elhagyó csóvát állapotának megfelelően négy szakaszra osztják. A megfelelő csóvaszakaszokon a bekeveredési sebességet a horizontális, a vertikális, a tengelymenti sebességek lényegesen eltérő függvényeként adják meg. *Csanády* (1971) véleménye szerint, gyenge szél esetén a szél turbulens állapota határozza meg a bekeveredési sebességet. Ezért a turbulens energia disszipációval és a turbulencia karaktarisztikus hosszúságával adja azt meg.

Összefoglalva: az ismertetett és az ehhez hasonló eljárások azon kívül, hogy mindazt nyújtják, amit az empirikus összefüggések, alkalmasak a jelenségek együttes vizsgálatára, hozzásegítenek a meteorológiai folyamatok jobb megismeréséhez és a meglevő elméletek továbbfejlesztéséhez. Nem lenne méltányos elhallgatni, hogy a fent említett nehézségeken kívül a megoldáshoz sokkal nagyobb számítástechnikai apparátus is szükséges.

Végül megemlítjük, hogy az antropogén hőforrások „hőszennyező" hatásának vizsgálata az elmúlt években jelentősen előrehaladt. Természetesen itt a hőforrás már a valódi, tágabb környezetében szerepel és így a környezetben bekövetkező változások szempontjából másodlagos jelentőségű, a domborzat és az eltérő besugárzásból eredő különbségek mellett. Példaként a Felső-Rajna vidékre készített szimulációs modellt említjük, amelyben a hűtőtornyok és olajfinomítók hőszennyezésének a környezetre gyakorolt befolyását vizsgálják. Kiindulási alapként nem-hidrosztatikus háromdimenziós, ún. *shallow-water* egyenleteket használnak. A módszerekről és célokról részletes leírást *Wippermann* (1977) ad.

IRODALOM

Berliner, P. (1974): Kühltürme mit natürlichem Zug. Klima + Kälte ingenieur 2(8) 321–329.

Brennan, P. T. et al (1976): The observed rise of visible plumes from hyperbolic natural draft cooling towers. Atm. Env. 10(6) 425–433.

Csanady, G. T. (1971): Bent-over vapor plumes. J. Appl. Met. 10(1) 36–42.

Hanna, S. R. (1976): Predicted and observed cooling tower plume rise and visible plume lenght at the John E. Amos power plant. Atm. Env. 10(12) 1043–1052.

Hirschfelder, G. (1974): Kühltürme in Kraftwerken. Technik der Zukunft. 1974 (No. 8.) 45–50.

Israel, G. W. et al (1977): A method to measure drift deposition from saline natural draft cooling towers. Atm. Env. 11(2) 123–131.

Jiin-Lang Lee (1977): Potential weather modification from cooling tower effluents at conceptual power parks. Atm. Env. 11(8) 749–759.

Kramer, M. L. et al (1976): Cooling towers and the environment. APCA 26(6) 582–584.

Marquardt, W. und *Ihle, P.* (1977): Niederschläge in der Umgebung von Nasskühltürmen. Zeitschrift für Met. 27(6) 366–377.

Moore, F. K. (1976): Regional climatic effects of powerplant heat rejection. Atm. Env. 10(10) 805–813.

Morton, B. R. (1957): Bouyant plumes in a moist atmosphere. J. Fluid Mech. 2(1) 127–144.

Rihard, J. M. (1973): The stability of wet and dry bentover plumes. J. Appl. Met. 12(2) 133–139.

Schiffers, A. (1977): Grosse Nasskühltürme und ihr Einfluss auf die Umwelt. Braunkohle 29(10) 413–418.

Sellers, B. H. (1975): Stability criterion for moist plumes. J. Appl. Met. 14(3) 419–422.

Slawson, P. R. and *Csanady, G. T.* (1967): On the mean path of buoyant bent-over chimney plumes. J. Fluid Mech. 28(2) 311–322.

Squires, P. (1952): The growth of cloud by condensation. I. General. Austr. J. Sci. Res. 5(1) 52–67.

Stephen, D. W. and *Moroz, W. J.* (1976): Wet plume rise from cooling towers in strong winds. Water, Air and Soil Poll. 6(1) 9–25.

Szabó É. (1978): Hűtőtornyok hatása a levegőkörnyezetre. Időjárás 82(2) 103–111.

Weil, J. C. (1974): The rise of moist, bouyant plumes. J. Appl. Met. 13(4) 435–443.

Wesseling, N. (1975): An asymptotic solution for slightly bouyant laminar plumes. J. Fluid Mech. 70(1) 81–87.

Wigley, T. M. L. and *Slawson, P. R.* (1971): On the condensation of buoyant moist, bent-over plumes. J. Appl. Met. 10(2) 253–259.

Wigley, T. M. L. and *Slawson, P. R.* (1972): A comparison of wet and dry bent-over plumes. J. Appl. Met. 11(3) 335–340.

Wigley, T. M. L. (1975): Condensation in jets, industrial plumes and cooling tower plumes. J. Appl. Met. 14(1) 78–86.

Wigley, T. M. L. (1975): A numerical analysis of the effect of condensation an plume rise. J. Appl. Met. 14(6) 1105–1109.

Wigley, T. M. L. and *Slawson, P. R.* (1975): The effect of atmospheric condition on the length of visible cooling tower plumes. Atm. Env. 9(4) 437–445.

Wippermann, F. (1977): Meteorologisches Simulationsmodell Oberrheingebiet. Vorhabensbericht Nr. 2–7. Bonnenberg+Drescher Ingenieurgesellschaft MBH +CO.KG.

KRÓNIKA-ROVATUNK E SZÁMUNKBÓL ANYAGTORLÓDÁS FOLYTÁN KIMARADT

IRODALOM

Л. С. ГАНДИН, В. И. ЗАХАРИЕВ, Р. ЦЕЛНАИ: **Статистическая структура метеорологических полей** *(Meteorológiai mezők statisztikai szerkezete)*. Az Országos Meteorológiai Szolgálat Hivatalos Kiadványai XLI. kötet. Budapest, 1976. 365 (A/4) oldal. Orosz nyelven. Ára: 80,— Ft.

A leningrádi Geofizikai Főobszervatórium (GGO), a bolgár és a magyar meteorológiai szolgálat 13 fős munkacsoportjának több évig tartó munkájával jött létre ez a monográfia.

A hagyományos klimatológiai statisztikai eljárásokkal szemben az utóbbi időben egyre jelentősebbek a másodrendű statisztikai jellemzőkkel kapcsolatos paraméterek — a korreláció, a kovariancia, de mindenekelőtt a meteorológiában leginkább használatos szerkezeti függvény — becslései és azok alkalmazásai. A meteorológiai mezők vizsgálata során ezek a mennyiségek — és így a monográfia anyaga is — közvetlenül alkalmazható:

a) a meteorológiai állomáshálózatok tervezésében, *b)* meteorológiai mezők objektív analízisében, *c)* a különböző pontokban észlelt adatok interpretálásában, nem különben *d)* a megfigyelések kontrolljának megszervezésében.

Bár a másodrendű statisztikai jellemzők struktúrájával kapcsolatos vizsgálatok nem túl hosszú múltra tekintenek vissza, máris nehézséget jelent a helyenként eltérő és időben is változó módszertan áttekintése és rendszerezése. E nehézségek felszámolásában is jelentős előrelépést jelent a monográfia. Az *első fejezet* a meteorológiai mezők statisztikai szerkezetének általános tulajdonságait, a statisztikai jellemzőket és becslésükre alkalmazott módszereket tárgyalja. A fejezet rendet teremt a jelölésekben és a fogalmi rendszerben, mely önmagában is hasznos olvasmány a matematikai statisztika idevágó fejezeteiben nem teljesen járatlan olvasók számára. Az 1.1. az alapvető fogalmakat, paramétereket és azok tulajdonságait tartalmazza, az 1.2 a paraméterek becslési módszereit, míg az 1.3 — az irodalomban szokásosnál lényegesen részletesebben — a becsléseknek a mintanagyságból adódó pontossági kritériumait és aszimptotikájukat tárgyalja.

A mezők statisztikai szerkezetével kapcsolatos másik nehézséget az áttekintésben az adatok heterogén volta adja. A *második fejezetben*, ahol is a magaslégköri mezőkről van szó, áttekintő táblázat található, melyben a monográfia szerkesztői a kapcsolódó mérési anyagokat és feldolgozásaikat foglalják össze. A táblázatok nyilván hasznos segítői az e témával foglalkozóknak. A fejezetben általános áttekintés, a nyomás és a geopotenciál, a szél, a hőmérséklet, a nedvesség adatainak rendszerezése, majd a trópusi zónák speciális kérdései találhatók.

A *harmadik fejezet* a talajközeli meteorológiai mezők statisztikai szerkezetével foglalkozik. Az általános megjegyzések után tárgyalja a hőmérséklet, a nedvesség, a szél, a felhőzet, a sugárzás, a csapadék adatainak feldolgozásait. Ebben a fejezetben is megtalálhatjuk a különböző területre, évszakra, és módszerrel kapott szerkezeti függvények és egyéb másodrendű paraméterek összefoglaló táblázatát.

A szerzők roppant gazdag anyagot tárgyalnak a mezők statisztikai struktúrájából, bár bizonyos korlátokat kénytelenek maguk elé állítani. Így eltekintenek az idő, és az idő—tér struktúra vizsgálatától, ezzel csak helyenként (bárikus mezők) foglalkoznak és nem vizsgálják a mikroméretű turbulens struktúrát sem.

A monográfia nagyon gondosan szerkesztett, könnyen kezelhető, jól áttekinthető. Fejezetenként az orosz nyelvű szöveget német nyelvű összefoglalók követik. A kötetnek nagyon hasznos része a fejezetenként részletezett és körülbelül 250 hivatkozást tartalmazó irodalomjegyzék. A monográfia minden bizonnyal hasznos segítője lesz a mezők statisztikai struktúrájával foglalkozó meteorológusoknak. Várhatóan a nemzetközi tudományos élet egyik hivatkozási forrása, kézikönyve lesz.

Gulyás Ottó

HENTSCHEL, Gerhard: **Das Bioklima des Menschen** *(Az ember bioklímája)*. VEB Verlag Volk und Gesundheit, Berlin, 1978. 183 A5 oldal, 19 ábra, 25 táblázat. Ára: 6 NDK márka.

A szerző az NDK meteorológiai szolgálatához tartozó Bioklimatológiai Kutatóintézet igazgatója, a természettudományok doktora. A könyvet a Népegészségügyi kiadó „Thesaurus" c. sorozatában jelentette meg.

A kötet a most nálunk is időszerű, színvonalas tudományos ismeretterjesztés jegyében íródott. Ezt a célt a szerző munkája során végig szem előtt tartva, igen nagy súlyt helyezett arra, hogy a leírt ismeretanyagot és magyarázatokat számanyaggal kösse össze, valamint, hogy a gya-

korlati kérdések megválaszolásához olyan irányszámokat adjon, amelyekből számszerűen, nagyságrendileg, vagy legalábbis kvalitatíve becsülhető a szóban forgó biológiai tényező vagy hatás.

Bioklímán a szerző azon légköri környezet komplex fizikai és kémiai sajátosságait érti, amelyben az emberi lét lehetséges, és amely állandóan hat az emberre.

A tárgyalt anyaghoz feltétlenül szükséges terjedelemben foglalkozik a légkör — mint gázelegy — összetételével, majd fölépítésével (szférák), s egyenként a bioklíma elemeivel, sok esetben normál-, szélső-, gyakorisági értékekkel vagy komplex bioklimatológiai paraméterekkel jellemezve azokat. A jellemszámok túlnyomó része Potsdamra vonatkozik, érvényességük Közép-Európára terjeszthető ki.

A tárgyalás során az elemek sorrendje nagyjából a klímaelemek szokásos tárgyalásának logikus sorrendjét követi, így a sugárzás, hőmérséklet, nedvesség, felhőzet, csapadék, szél stb., de a fejezeteken belül és a további részekben az elemeket természetesen mindig bioklimatológiai szempontból is értékeli, elemzi. Pl. a sugárzás c. fejezeten belül a fény (megvilágítás) tárgyalása során rámutat, hogy a globálsugárzás [cal/cm² nap] értékei közvetlenül átszámíthatók [kiloluxóra/nap] értékekre, azaz megvilágításerősségre, ami azért is célszerű, mert hosszabb sorozatú fénymérésadatok alig vannak. Ebből — többek között — konkrétan megadja, hogy ősszel és télen a felhőzet a szabad területen 40—50, nagyvárosokban a felhőzet és a városhatás együttesen 60—70 %-kal megrövidíti a nappali világosság időszakát, amelynek kritériumaként a ≧7000 lux megvilágításerősséget veszi.

Az ún. „sötét napok" (megvilágítás erőssége <7000 lux) gyakoriságát [%] táblázatban összehasonlítja egy szabad területen (Potsdam) és egy erősen városi hatás alatti területen (Berlin-Rummelsburg). A számok önmagukért beszélnek; míg pl. novemberben Potsdamban a „sötét nap" relatív gyakorisága 7%, Berlin-Rumelsburgban 26%, s ez utóbbi csaknem négyszeresen nagyobb érték.

A biológiailag nagyon értékes UV sugárzás hullámhossz-tartományai közül a középső UV-B 280—315 nm, relatív intenzitásának évi menete azt mutatja, hogy október közepétől február végéig az alföldeken gyakorlatilag nincs UV sugárzás, s ez az időszak a nagyvárosokban és iparvidékeken még hosszabb. Ezekben a hónapokban csak a magasabb fekvésű helyeken számíthatunk UV hatásra, ugyanis a Napból származó UV sugárzás a magassággal 1000 m-enként 15%-kal erősödik és ezt a sugártartalmat az esetleges hófelszín visszaverése megduplázza. E két igen rövid fejezet (1—1 oldal) csak kivonatos ismertetése is érzékelteti, hogy kevés, de jól megválasztott számanyaggal milyen módon írja le szerző a bioklíma-tényezőket.

A második rész a bioklíma hatásaival foglalkozik, tehát a levegőkörnyezet kémiai és fizikai tulajdonságai és az élő szervezetek, pontosabban az emberi szervezet közötti kapcsolattal. A bioklíma hatásait e részben is gondosan megválasztott számanyaggal adja meg. Tárgyalásra kerül a hőfelvétel, hőleadás, hőszabályozás, a lehűlési érték, az effektív hőmérséklet, a fülledtség, a pszichofizikai fényhatások, az oxigénellátottság, a levegő szennyezettsége, a levegőhigiéniai feltételek az NDK-ban, a por, a kén-dioxid, a szezonális betegségek, a halandóság és halálozás stb., a felsorolás sem lehet teljes itt, olyan sokféle tényező.

A bioklíma hatásainak megismertetése után a harmadik részben a felhasználásra és módosításra mutat rá a szerző, arra, hogy az erdő, a vízfelületek, a part, a napfürdő, a tengeri fürdőzés, a középhegységek és völgyek, a magashegységek, az évszakok stb. milyen bioklíma hatásokat keltenek.

E gazdag tartalmú könyvecske teljességgel meggyőz arról, hogy az ember létezésének az élelmezés mellett legjelentősebb életfeltétele a bioklíma. Célkitűzését — a népszerű tudományos ismeretterjesztést — a szerző a legmesszebbremenően dícsérendő módon oldotta meg. Sok értékes, hasznos adatot, rövid, közérthető, világos magyarázatokkal ellátva közöl, mindenre kitér, amit a tudományban e téren eddig elértek, szem előtt tartva a gyakorlati alkalmazhatóságot és a mai ember érdeklődését és érdekeit.

Lőrincz Anna

Arbeiten aus der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, H. 1—28, Wien 1967—1977. (In: *Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in Wien*, Publikations Nr. 184—224)

Amióta a klasszikus klimatológia mellett — itt-ott helyette — kifejlődtek a matematika, a számítástechnika, az atom- és az űrkutatás különböző, szintén a legutóbbi időkben felfutott ágainak alkalmazásával művelt új meteorológiai kutatási ágazatok, mint pl. a statisztikai meteorológia, a modellmeteorológia, a paleometeorológia, sőt talán az űr- (bolygó-) meteorológiát is ide sorolhatjuk, felmerül a kérdés, hogy van-e értelme, hasznos-e régóta folyamatosan publikált ún. klasszikus klimatológiai kiadványok, kiadványsorozatok további kiadásának. A kérdésre érdemleges választ akkor remélhetünk, ha olyan kiadványsorozat mai számait nézzük meg, amelyek sok évtized óta ma is folyamatosan megjelennek.

Ilyen vizsgálódásra alkalmasnak látszik az osztrák meteorológiai szolgálat 1850-től megszakítás nélkül megjelenő sorozata — 1977 végéig 224 jelent meg — mert benne az éghajlati tárgyú tanulmányok, adatközlések, „in extenso" publikációk aránya a nem éghajlati jellegűekhez

képest ma is jelentős. Ezen a sorozaton belül 1966-ban megindult az „Arbeiten aus der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik", s ezideig ebből a sorozaton belüli sorozatból 28 füzet látott napvilágot. Közülük tizenháromnak a témáját a geofizika területéről vették a szerzők, tizenötét pedig a meteorológiáéról. Megjegyezve, hogy még a geofizikai témájú tanulmányok egyike-másika is érdeklődésünkre tarthat számot — így pl. mindjárt az első, *O. Eckel*nek *a Traunsee függőleges hőmérsékleteloszlás*át taglaló dolgozata érdekes lehetőséget nyújt az időjárás kutatóinak a makroszinoptikus helyzetek hatáserősségének objektív elhatárolására — a tisztán meteorológiai tárgyú tanulmányok pedig kivétel nélkül nagyon érdekes, korszerű és további vizsgálódásokra ösztönző tudományos eredményekkel ismertetik meg az olvasót.

A meteorológiai tanulmányok közül háromnak a tárgya szinoptikai, a többi 12 éghajlati (alkalmazott meteorológiai). Ezek közül 5 városklímával, környezettannal (egy kimondottan aerológiával) foglalkozik, 2—2 a különböző csapadékformákat és a Fertő tó éghajlatát, hidrometeorológiáját tárgyalja, egy-egy pedig Ausztria felhőzeti viszonyait, napfénytartamát, illetve a WMO centenáriuma kapcsán az osztrák meteorológiai szolgálat fejlődését ismerteti. Erről az utóbbiról főleg Ausztriára vonatkozó értékes és fontos voltát elismerve, itt csak annyit állapítunk meg, hogy tudománytörténeti anyaga (különösen *J. Willfarth: Die Entwicklung der Meteorologie in Österreich, K. Cehak: 100 Jahre Internationale Meteorologische Zusammenarbeit, F. Steinhauser: Die wissenschaftlichen Beiträge der Wiener Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik zur Umweltkontrolle* c. tanulmányok) magyar szempontból is számos összevetésre, elfogadásra, esetleg megvitatásra alkalmas megállapítást tartalmaz.

Terjedelme, témájának jelentősége és mindenek fölött gazdag adatanyaga alapján ki kell emelnünk a sorozaton belüli sorozat 12. számát, amely *F. Steinhauser* tollából és — ez nyilvánvaló — a bécsi intézet munkatársainak szakavatott, szorgalmas közreműködésével irigylésre méltó gazdag napfénytartam-anyagot adott közre. Kitűnik ez a körülmény a megfigyelési periódus hosszából: kereken 40 év (1929—1968) adataiból számított átlagos havi és napi napfénytartam, lehetséges napsütés és napi menet (abszolút és viszonylagos óragyakoriság) értékeket közöl — összesen 135 állomásról. Igen, 135 állomásról! Európában — de nyilván a többi földrészen is — párját ritkító ez az állomásszám. Ha a szomszédság okán csak a mi hasonló kiadványainkban közölt adatokkal vetjük össze a fentieket, akkor (bár nálunk az utóbbi években három napfénytartam- és sugárzásadatokat közlő nagy mű jelent meg s ez jelentős teljesítmény az éghajlati irodalomban) a mi legtöbb napfényadatot közlő kiadványunknak, a *Magyarország Éghajlat Atlasza II. (Adattár)* c. kötetében 41 állomás napfénytartam-adatait találjuk, igaz nem 40, hanem 50 év megfigyelései alapján (1901—1950). De még így is feltűnő Ausztria több, mint háromszoros állomássűrűsége a miénkkel szemben. Persze nem hagyhatjuk figyelmen kívül, hogy szomszédunk országának természeti viszonyai, különösen felszínének rendkívül tagolt volta, lényegesen sűrűbb állomáshálózat fenntartását teszi szükségessé ahhoz, hogy a miénkkel azonos értékű információt tudjanak az osztrák klimatológusok adni.

A sorozat többi tagja hasonló erényekkel dicsekedhetik: szakszerű, korrekt, könnyen áttekinthető adatcsoportosítás jellemzi mindegyiket. Külön hangsúlyozható, hogy a *szakmai* jelzővel való minősítés itt nemcsak az éppen érvényben levő nemzetközi egyezményekben rögzített követelményeknek való megfelelést jelenti, hanem azt az eléggé nem értékelhető különleges minőséget is, amellyel osztrák kollégáink a közölt adatokat az egyes elemek természetének megfelelően alakítva, csoportosítva úgy állították össze, hogy információtartalmuk tovább bővüljön. Áll ez a már ismertetett napsütésadatokra, de érvényes a sorozat már érintett 1. számára éppenúgy, mint a sok más kitűnően hasznosítható tulajdonságot felmutató városklimatológiai, alkalmazott éghajlati tanulmányra, a *H. Tollner — W. Mahringer — F. Söberl* tollából megjelent 20. számra: *Klima und Witterung der Stadt Salzburg.* De ilyen *K. Cehak*-nak a sorozat 23. számaként megjelent *Die Zahle der Tage mit Tau und Reif in Österreich* c. monográfiája, aki szokatlanul eltérve az éghajlati szakirodalomban kialakult gyakorlattól, egyesített harmat és zúzmara éghajlati térképeket is közöl. Munkáját elmélyült elméleti megalapozás teszi elfogadhatóvá és gyakorlatilag is hasznosíthatóvá. Jól illik *K. Chalupa: Ergebnisse der Registrierung der Schwefeloxid- und Summenkohlenwasserstoff-Immission in Wien, Hohe Warte* c., a sorozat 24. számában megjelent tanulmánya ahhoz a bécsi városklimatológiai képhez, amely az osztrák éghajlati irodalom utolsó 3—4 évtizedében közreadott ilyen tárgyú közleményeiből hazánkban is, másutt is kialakult.

Bár a sorozat két utolsó, birtokunkban levő száma (27., 28.) a recenzor szakterületétől távolabb álló időjárás-előrejelzési anyagot tartalmaz *(A. Machalek: Prognosenprüfung im Österreichischen Wetterdienst* és *G. Skoda: Kinematisch-Klimatologische Verlagerung von Kaltfronten und Troglinien)*, mégis bevonhatók ezek is abba a körbe, amelyről elmondható ennek az ismertetésnek az elején felvetett kérdésre, hogy ti. van-e értelme, hasznos-e az ún. klasszikus klimatológiai sorozatok további kiadása — az a válasz, hogy ha az ilyen kiadványok hasonlók az osztrák szolgálat „Arbeiten"-jeihez, akkor nemcsak, hogy értelme van közreadásuknak, de — imperativuszban szólva — ki kell az ilyeneket adni!

Kéri Menyhért

MEGJELENT

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

A NAPSUGÁRZÁS MAGYARORSZÁGON 1958—1972

Szerkesztette: Dr. Major György

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

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

A KÖZELMÚLTBAN MEGJELENT METEOROLÓGIAI SZAKKÖNYVEK

1. A METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT HIVATALOS KIADVÁNYAI:

XL. kötet: **A Balaton éghajlata — A Balaton térségének éghajlati jellegzetességei, hő- és vízháztartása, bioklímája** (Szerk.: BÉLL BÉLA és TAKÁCS LAJOS). Budapest, 1974. 316 B/5 lap. Ára vászonkötésben: 150,— Ft.

XLI. kötet: **A meteorológiai mezők statisztikai szerkezete** (Szerk.: CZELNAI, R., L. S. GANDIN, W. I. ZACHARIEW). Orosz és német nyelven. Budapest, 1976. 364 A/4 lap. Ára fűzve: 80,— Ft.

XLII. kötet: HAJÓSY FERENC, KAKAS JÓZSEF, KÉRI MENYHÉRT: **A csapadék havi és évi összegei Magyarországon a mérések kezdetétől 1970-ig.** Magyar és német nyelven. Budapest, 1975. 356 A/4 lap. Ára fűzve: 520,— Ft.

2. A METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT KISEBB KIADVÁNYAI:

43. szám: N. DÁVID ARANKA: **Sugárzásháztartás a Fertő tavon** (Magyar és német nyelven). Budapest, 1977. 54 B/5 oldal. Ára fűzve: 25,— Ft.

44. szám: MAJOR GYÖRGY—MISKOLCI FERENC—MOLNÁR GYULA: **A légköri hőmérséklet műholdas szondázásának kutatása Magyarországon** (Angol nyelven). Budapest, 1978. 70 B/5 oldal. Ára fűzve: 25,— Ft.

45. szám: TAKÁCS ÁGNES—TITKOS ERVIN: **Az időjárás előrejelzésének komplex modellje** (magyar és angol nyelven). Budapest, 1978. 97 B/5 oldal. Ára fűzve: 25,— Ft.

⁂

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

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT HIVATALOS LAPJA

A szerkesztésért felel: dr. Szepesiné Lőrincz Anna

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

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

Athenaeum Nyomda, 78.0657 Budapest — Íves magasnyomás
Felelős vezető: Soproni Béla vezérigazgató

Előfizetés: 1 évre 48 Ft. Megrendelhető: Az Országos Meteorológiai Szolgálat Pénzügyi Osztályán, Budapest, Kitaibel Pál utca 1. 1024. Levélcím Budapest, Pf. 38. 1525. Megjelenik kéthavonként. Egyes szám ára: 8 Ft

INDEX: 26 361

HU ISSN 0324—6329