

IDŐJÁRÁS

SZERKESZTŐ BIZOTTSÁG:

AMBRÓZY P. (Budapest), BAUR, F. (Bad Homburg), BERGERON, T. (Uppsala), BESSEMOULIN, M. J. (Paris), BODOLAI I. (Budapest), BOSSOLASCO, M. (Genova), BÖHME, W. (Potsdam), BUDYKO, M. I. (Leningrad), ČADEŽ, M. (Beograd), CZELNAI R. (Budapest), DAVITAJA, F. F. (Tbiliszi), DONEAUD, A. ((București), GÖTZ G. (Budapest), HRMOV, SZ. P. (Moszkva), JAHÓ, S. (Tirana), KONČEK, M. Bratislava), KOZÁK B. (Budapest), KRASZTANOV, L. (Szófia), LOGVINOV, K. (Kijev), MÄDE, A. (Halle/Saale), VAN MIEGHEM, J. (Bruxelles), NGUYEN-XIEN (Hanoi), OKOLOWICZ, W. (Warszawa) PASZYNSKI, J. (Warszawa), PÉCZELY GY. (Szeged), RÁKÓCZI F. (Budapest), STEINHAUSER, F. (Wien), STELCZER K. (Budapest), SZEPESI D. (Budapest), TAKEUCHI, K. (Tokyo), TUVDENDORZS D. (Ulan-Bator), VITEK, V. (Praha), WHITE, R. M. (Rockville).

ELNÖK:

DÉSI F. (BUDAPEST)

SZERKESZTŐ:

LŐRINCZ A. (BUDAPEST)

79. ÉVFOLYAM

6

1975. NOVEMBER—DECEMBER

ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT BUDAPEST

ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT

IDŐJÁRÁS

79. ÉVFOLYAM

6

1975. NOVEMBER—DECEMBER

BUDAPEST

IDŐJÁRÁS

ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT FOLYÓIRATA

E SZÁM SZERZŐI

BODOLAINÉ JAKUS EMMA, a Központi Meteorológiai Intézet tud. csoportvezetője, *Budapest*; TÄNCZER TIBOR kandidátus, a Központi Légekörfizikai Intézet tud. főosztályvezetője, *Budapest*; dr. MAGYAR PÁL, a Vízügyi Tudományos Kutatóintézet tud. munkatársa, *Budapest*; KAPOVITS ALBERT, a Központi Meteorológiai Intézet tud. főosztályvezetője, *Budapest*; dr. SIMON ANTAL, az Országos Meteorológiai Szolgálat tud. csoportvezetője, *Budapest*; VÁRHELYI GABRIELLA, a Központi Légekörfizikai Intézet tud. segédmunkatársa, *Budapest*; FARAGÓ TIBOR, a Központi Meteorológiai Intézet tud. segédmunkatársa, *Budapest*.

IDŐJÁRÁS

ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT FOLYÓIRATA

TARTALOM

<i>Jakus Emma—Tánczer Tibor: Az olvadásból származó vízhozam meghatározása a Duna bécsi szelvényére műholdképek felhasználásával</i>	325
<i>Magyar Pál: Dunai árhullámok előrejelzése műholdak hóadatainak felhasználásával</i>	337
<i>Kapovits Albert: Területi csapadékmérés radarral</i>	342
<i>Simon Antal: A levegőkörnyezet mesterséges eredetű radioaktivitása Magyarországon</i>	350
<i>Várhelyi Gabriella: A kén-dioxid abszorpciója és oxidációja felhő- és ködsepekben</i>	360
<i>Faragó Tibor: Egy kombinált regressziós becslésről</i>	366

Irodalom

<i>Béll B.—Takács L. (szerk.): A Balaton éghajlata (Probáld F.)</i>	372
<i>Prigorjev, A. A.—Ajpatov, V. B.: Porviharok az űrkutatási vizsgálatok adatai szerint (Aujeszky L.)</i>	373
<i>Izrael, Ju.: A békés célú atomrobbantások és hatásuk a környezetre (Simon A.)</i>	374
<i>Karol, I. A.: A nagymagasságú repülőgépek és a sztratoszféra (Aujeszky L.)</i>	374

Krónika

A Szlovák és a Magyar Meteorológiai Társaság Vándorgyűlése Nyitrán (Lőrincz A.) — R. J. Schneider budapesti látogatása (Mohácsi M.) — M. Konček 75 éves (Szerkesztő Bizottság) — Együttműködés az OVH és az OMSZ között az árvíz- és belvízvédelem terén (Szakály J.) — V. Dimitrievski Magyarországon (Mezősi M.) — WMO szakértők a magyar meteorológiai szolgálatnál (Tölgyesi I.—Zemplényiné Tárkányi Zs.) — Ajtai Miklós látogatása a pécsi jégeső-elhárító rendszer központjában (Czelnai R.) — Stanislav Brandejs 1918—1975 (Götz G.) — Czelnai Rudolf a Meteorológiai Világszervezet Európai Regionális Asszociációjának elnöke (Tölgyesi I.) — Klimatológiai munkaértekezlet Leningrádban (Wágner M.) — Tölgyesi István, a WMO magyar tisztviselője hazatért (Mohácsi M.) — Szimposium a hosszútávú éghajlat-ingadozásokról (Ambrózy P.) — Lépp Ildikó szaktisztviselő a WMO-ban (Mohácsi M.) — Varga Haszonits Zoltán kandidátusi értekezése (Lőrincz A.)

375

IDÓJÁRÁS

ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT FOLYÓIRATA

CONTENTS — INHALT — SOMMAIRE — СОДЕРЖАНИЕ

<i>Jakus, E.—Tánczer, T.:</i> On the estimation of the water-output due to the melting for the section to Wien of the Danube using satellite pictures	325
<i>Magyar, P.:</i> Forecasting of Danubian floods based on snow data of satellites	337
<i>Kapovits, A.:</i> Areal precipitation measurements with radar	342
<i>Simon, A.:</i> Radioactivity of artificial origin in the atmosphere over Hungary	350
<i>Várhelyi, G.:</i> Absorption and oxidation of sulfur dioxide in cloud and fog droplets	360
<i>Faragó, T.:</i> A combined regression process	366

Literature

<i>Béll, B.—Takács, L. (Red.):</i> Climate of the lake Balaton (<i>F. Probáld</i>)	372
<i>Пригорев, А. А.—Айпатов, В. Б.:</i> Пыльные бури по данным космических исследований (<i>L. Aujeszky</i>)	373
<i>Израэль, А. Ю.:</i> Мирные ядерные взрывы и окружающая среда (<i>A. Simon</i>)	374
<i>Кароль, И. А.:</i> Высотные самолеты и стратосфера (<i>L. Aujeszky</i>)	374
<i>Chronicle</i>	375

Az olvadásból származó vízhozam meghatározása a Duna bécsi szelvényére műholdképek felhasználásával

JAKUS EMMA, Központi Meteorológiai Intézet és TÁNCZER TIBOR, Központi Légekőrfizikai Intézet, Budapest

On the Estimation of the Water-Output Due to the Melting for the Section to Wien of the Danube Using Satellite Pictures. The melting of the snow accumulated during winter time plays an important role in the floods of the Danube in spring and early summer. The present paper makes an attempt at a quantitative description of such complex physical processes as the accumulation in the snow form, the melting out and the flowing into the river of the precipitation, in an empirical way. The experiment was carried out in the catchment area to Wien of the Danube, mostly consisting of the northern part of the Alps, during the periods November-June of years 1968–73. The mapping of the snow cover was performed using satellite pictures with a resolution of 500 m in height. The rate of the accumulation was estimated by means of the daily precipitation averages for layers, taking into account the actual weather reports and the temperature data. The fact of the melting was stated in terms of the temperature averages at the upper boundary of the layers computed from radiosoundings at 12 GMT of Munich and Wien. Investigating melting periods without precipitation there could be formulated the decrease of the snow depth and the increase of the river level at Wien as a function of the sum of temperatures with positive sign. Applying the obtained relations, the accumulation, the melting from layer to layer and the increasing of the level of the Danube can be simulated during a given winter-spring period. The method may be utilized in the routine service in view of its simplicity. Moreover, it has some prognostic aspects for the Hungarian section of the Danube, as the floods at Wien can be considered as conditions to be realized later there.

*

Определение прихода воды, получающегося в Венском участке Дуная за счет таяния снега, с использованием спутниковых изображений. В паводках Дуная весной или в начале лета значительную роль играет таяние снежного покрова, накопившегося зимой. В настоящей работе делается попытка — эмпирическим путем, количественно проследить сложный физический процесс накопления осадков в виде снега, его таяния и поступления в реку. Исследованиям был подвергнут водосборный район Дуная под Венной, охватывающий, в основном, северную часть Альп. Исследования проводились для месяцев ноябрь—июнь за период 1968—1973 гг. Территориальное распределение снега определялось по спутниковым изображениям с интервалом высот через 500 м. Степень накопления оценивалась с учетом соответствующих бюллетеней погоды и температурных данных, по средним суточным количествам осадков, подсчитанным по слоям. Факт таяния констатировался по средним температурам, приведенным к верхним границам слоев по данным радиозондовых подъемов, в Мюнхене и Вене за 12 ч. дня. Путем выделения периодов таяния без осадков удалось обнаружить связь количества снега и степени его таяния с подъемом воды, отсчитанным по водомерной рейке в Вене. С использованием полученных соотношений можно проследивать накопление, таяние и степень подъема воды в реке для зимнего-весеннего периода, по слоям. Благодаря своей простоте, предлагаемый метод может

использоваться и в оперативной работе. А для венгерского участка Дуная он имеет прогностический характер, поскольку волна паводка в Вене может рассматриваться как событие, позднее наступающее в Венгрии.

*

1. Bevezetés

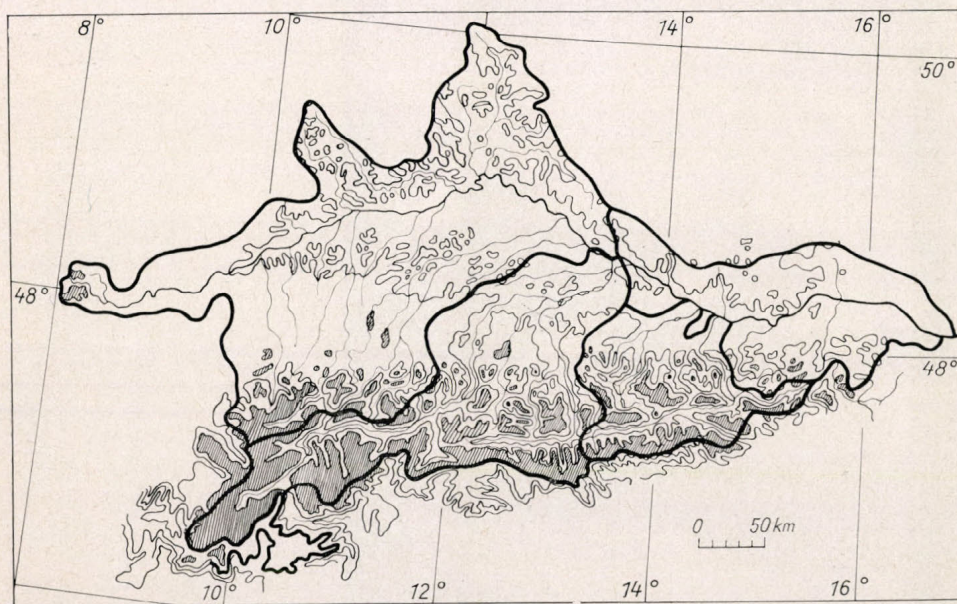
A mérsékelt és magas szélességek folyói tavaszi árhullámainak kialakításában jelentős szerepet tölt be a téli időszakban felhalmozódó, hóban tárolt vízmennyiség. E vízmennyiség számbavétele a folyók tavaszi vízforgalmának kialakításában a hidrometeorológia egyik fontos feladata. Ez a feladat bonyolult fizikai folyamatok szimulációját teszi szükségessé a különböző nagyságú és heterogén domborzatú vízgyűjtő területeken. A hóban tárolt vízmennyiségnek a vízforgalomba való tavaszi bekapcsolódása számításba vehető két alapvető probléma megoldása révén: 1. Meg kell határozni a téli időszakban felhalmozódó vízmennyiséget; 2. meg kell becsülni az olvadási folyamat által a folyó vízforgalmába bekerülő víz mennyiségét, s annak várható időbeli eloszlását. Mindkét probléma megoldásának alapfeltétele a hóban tárolt víztérfogat időről időre történő meghatározása. A hagyományos hidrometeorológiai gyakorlatban az említett víztérfogatokat a különböző sűrűségű hómagasságmérő állomáshálózat segítségével határozzák meg. Ez az eljárás megfelelően számításba vett hóvíz-egyenértékek segítségével és állomás-sűrűséggel kielégítő eredményeket szolgáltatathat.

Az utóbbi évtizedben több kísérlet történt annak érdekében, hogy a mesterséges holdak fotóit a hóeloszlás hidrometeorológiai tanulmányozásába bevonják [1, 2]. Az első és legegyszerűbb alkalmazás a hótakaró területi kiterjedésének meghatározása. A vizsgálatok szerint hegyes területeken a hóvonal magassága megbízhatóan megadható. Az Országos Meteorológiai Szolgálatban a mesterséges holdak fölvételei 1968 óta rendszeresen rendelkezésre állanak. Ez indokolja, hogy a vizsgálatok során ez az új információforrás a tavaszi vízforgalom karakterisztikáinak meghatározásához a fenti megfontolások értelmében felhasználásra kerüljön. A tanulmány célul tűzi ki, hogy a Duna vízgyűjtő területének a bécsi szelvényig terjedő területére a felhalmozódó, majd az olvadási folyamatban felszabaduló vízmennyiséget meghatározza s ez utóbbi időbeli lefolyását előrejelezze. Az olvadási folyamatban felszabaduló vízmennyiség becslése megkívánja a pozitív hőmérséklet megfelelően definiált indexe és a felszabaduló vízmennyiség közötti összefüggés megállapítását [3, 4] olvadási egyenérték formájában. A Duna vízgyűjtő területének vizsgálatát az indokolja, hogy a folyó tavaszi, kora nyári árhullámainak kialakításában a hóban tárolt vízkészletek elég nagy szerepet játszanak, másrészt a műhold-felvételeken az Alpok területe jól földeríthető.

1.1. A vizsgálat módszere és adatai

A tanulmány célkitűzése értelmében víztérfogatok meghatározása szükséges mind a halmozódási, mind az olvadási periódus folyamán. A víztérfogatok meghatározásához a Duna vízgyűjtő területének magasság szerinti szubzónákra történő felosztása szükséges. A magasság szerinti szubzónák megállapítása 500 m-es szintkülönbséggel történt az *I. ábra* szerinti eloszlásban. A számítások csak a 2000 m-ig terjedő területeket ölelték fel, tekintettel arra, hogy a 2000 m fölötti régiók már nem játszhatnak jelentős szerepet a folyó vízforgalmában. Az egyes magasság szerinti szubzónák területének nagyságát és a számításokhoz felhasznált csapadékmérő állomások számát az *I. táblázat* tünteti fel.

A felhalmozódó víztérfogatok meghatározása naponkénti bontásban történt, ezért napi csapadék-adatokra volt szükség. A felhalmozódás meghatározásában elvi és gyakorlati nehézségek magyarázzák a folyékony halmazállapotra vonatkozó napi csapadékmennyiség használatát a hóvastagság-adatok helyett. A havazás, illetve a hótakaró előfordulásának megállapítása a naponként végzett értékelések és a mesterséges holdak felvételei alapján történt.



1. ábra. A Duna vízgyűjtő területe a bécsi szelvényig 500 m-enkénti szintvonalakkal

Az oladási folyamatban felszabaduló és a vizsgált folyóban megjelenő vízmennyiség identifikálását a bécsi naponkénti közepes vízhozam-adatok tették lehetővé. A hófelhalmozódási periódusok kijelölése és az oladási egyenérték meghatározása szükségessé tette a hőmérséklet valamilyen reprezentatív értékének megadását a vízgyűjtő egész területére. Minthogy a víztérfogatok meghatározása 500 m-enkénti szubzónákra történt, az ezekre jellemző hőmérséklet-eloszlást a bécsi és müncheni légállapot-mérések hőmérséklet-értékei szolgáltatták.

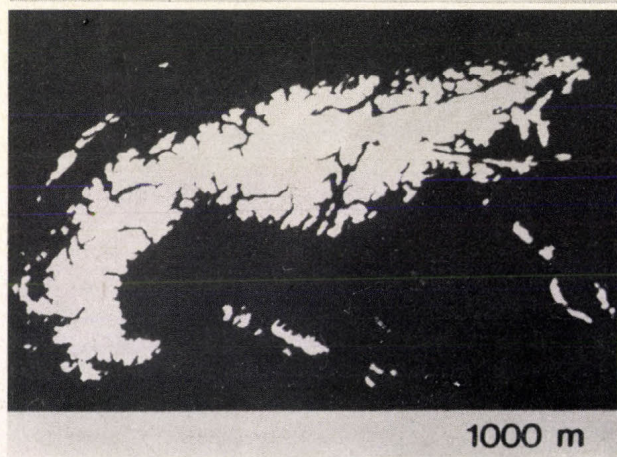
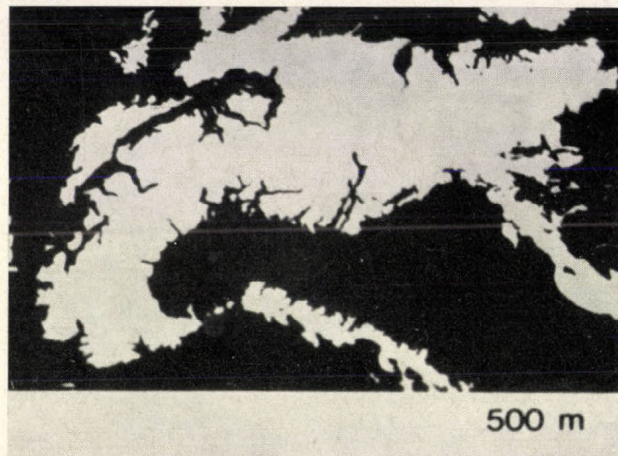
I. TÁBLÁZAT

A Duna vízgyűjtőterülete magasság szerinti szubzónáinak adatai a bécsi szelvényig

Tengerszint fölötti magasság	Terület km ² -ben	Állomások száma
0 – 500 m	31 500	31
500 – 1000 m	45 900	28
1000 – 1500 m	10 500	5
1500 – 2000 m	7 800	3
2000 – 2500 m	5 100	1
> 2500 m	900	2
	101 700	70

2. A hóban tárolt víztérfogat meghatározása

A hóval borított területek kiterjedéséről a mesterséges holdak felvételei megfelelő minőségű információt szolgáltatnak, ezért egy adott magasság szerinti szubzóna víztérfogatát a szubzóna állomásain mért csapadék magasságának számtani középértéke és a hóval borított terület nagyságának szorzata adja meg. A vizsgálatban a halmozódás és olvadás pulzációjának részletes nyo-



2/a ábra. A hótakaró területi kiterjedésének műholdas kiértékelésére használt alapsémák 500 és 1000 m-es hóhatár esetén ([2] nyomán)

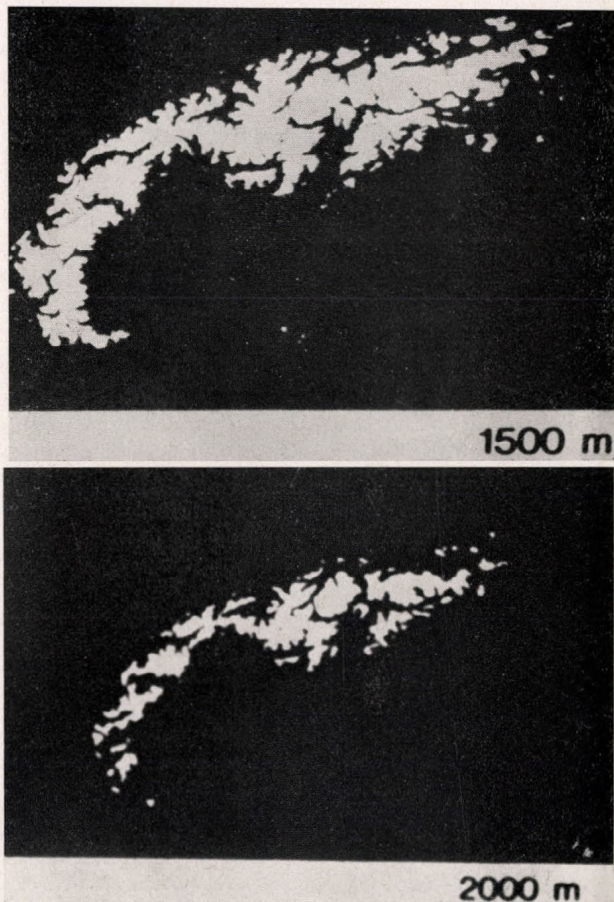
monkövetésére 1968–1973 november–június hónapjaiban került sor. Ezt a célt szolgálta a naponkénti területi csapadékatlagok idősorának előállítása a vizsgált vízgyűjtőre, illetve magasság szerinti szubzónáira a szóban forgó 40 hónapra. Tekintettel arra, hogy a víztérfogat meghatározásában a mesterséges hold megfigyelések új információforrásként szerepelnek, felhasználási módjuk részletesebb leírása szükséges.

2.1. Az Alpok hótakarójának műholdas kiértékelése

Hegyes területeken a hótakaró kiértékelése a műholddal megfigyelt havas területnek és kellő részletességű szintvonalas domborzati térképnek az összehasonlításával történhet. A hóhatár ugyanis – nagyjából azonos meteorológiai

föltételek mellett — megközelítőleg valamelyik szintvonallal esik egybe. Így az adott szintvonal fölötti havas terület a környezettől feltűnően elhatárolható fehér „foltként” jelenik meg, amely jól megegyezik a domborzati térkép megfelelő szintvonala fölötti terület alakjával.

Az értékelés végrehajthatóságának döntő feltétele, hogy a vizsgált terület fölött derült vagy legalábbis csak kissé felhős idő uralkodjék. A hótakaró és



2/b ábra. A hótakaró területi kiterjedésének műholdas kiértékelésére használt alapsémák 1500 és 2000 m-es hóhatár esetén ([2] nyomán)

a felhőzet elkülönítése — amely sík területen olykor roppant nehéz —, hegyes területeken éppen a domborzat nagyfokú változatosságánál fogva lényegesen egyszerűbb feladat [5].

Maga a műholdas megfigyelési technika nem biztosít napról napra azonos minőségű képet az adott területről. A kiértékelés alapjául szolgáló televíziós képek felbontóképessége a műhold alatti pontban (a kép középpontjában) 3,5–4 km, a képek szélei felé haladva azonban erősen romlik, közel megkétszereződik. Másrészt a terület megvilágítottsága és így a leképezés minősége is erősen változik a kép elkészültének időpontjában, a Nap, a műhold és a vizsgálati terület helyzetétől függően. Ezek a körülmények a kiértékeléskor zavaró tényezőként hatnak.

A hótakaró nem mindig látszik egyformán fehérnek. A hótakaró albedója

függ vastagságától és „frissességétől” is. Ez a tény esetenként a hóhatár magasabb becslésére vezethet, mivel a sekély és „idősebb” hótakaró alig, vagy egyszerűen nem látszik a műholdfelvételeken. Az erdővel borítottság újabb és talán a legsúlyosabb problémát veti fel. A fák koronái a havat csak igen kis mértékben képesek felfogni, ezért az erdős területek albedója számottevő havazás esetén is kisebb lesz, mint a hótakaró vastagsága egyébként indokolná. Ennélfogva az erdőzónában, amelynek felső határa 1500 m körül van, a hóhatár kiértékelése nagy körültekintést kíván.

A legkényelmesebb az lenne, ha a hóhatár egybeesnék valamelyik izohipszával, ami a kiértékelés egyik elvi hipotézise. A meteorológiai feltételek változatossága, különösen nagy kiterjedésű hegyrendszer esetén, arra vezethet, hogy a hóhatár a hegyes terület különböző részein eltérő magasságban helyezkedik el. Így a hóhatár a hegyrendszer egészére egyetlen magassággal nem is jellemezhető. Célszerű ezért a vizsgálat jellegétől függően részterületek kijelölése, a jelen tanulmányban ez a Duna vízgyűjtő területe. Az Alpok hegyvonulata az év nagy részén időjárást elválasztó vonalként viselkedik, minthogy – legalábbis átmenetileg – feltartóztatja az óceán és a sarki térség felől érkező légtömegeket. Ennek következtében a hófelhalmozódás az említett irányba eső „külső”, északi oldalon már korábban megindul, mint az enyhébb, „belső” oldalon.

Az időjárási rendszerek vonulásától függően egyes területek csapadékmennyek maradhatnak, s ez főleg a felhalmozódás kezdeti időszakában okoz változást a hótakaró eloszlásában. A legnagyobb különbségek azonban az olvadási periódusban mutatkoznak, amikor a déli lejtőkön az egyre erősödő besugárzás a havat rohamosan „felemészti”, ugyanakkor az északi lejtőkön az még jó ideig konzerválódik. Az Alpok „belső oldalának” kedvezőbb hőmérsékleti viszonyai szintén arra vezetnek, hogy itt a hó hamarabb fogy el, illetve a hóhatár gyorsabban éri el az „örök hó” vonalát.

A kiértékelés alapanyagát az Országos Meteorológiai Szolgálat keretében vett műholdképek jelentették (az időszak jelentős részében az ESSA-6 és ESSA-8 műholdak kisugárzásai). Az Alpok hótakarójának értékelése hónapról hónapra a napok 20–70%-ában volt lehetséges. Az értékelés elmaradása legtöbbször a kedvezőtlen felhőzeti viszonyok miatt következett be. Átlagosan minden negyedik napon lehetett értékelhető műholdképhez jutni.

A kiértékelő sémát a „Snow survey from earth satellites” [2] c. WMO-kiadvány szolgáltatta, amelyben 500 m-es magasságonként bemutatják az Alpok alakját, oly módon, hogy a jelzett magasság fölötti területeket a sötét környezettel szemben fehéren tüntetik fel (*2/a és 2/b ábra*). A munka folyamán kiderült, hogy e fiktív sémák a valóságban erősen torzulnak, éppen a már említett problémák miatt. A nehézségek az alacsonyabb hóhatár-értékeknél mutatkoztak hatványozottan. Ezért alacsonyabb hóhatár és a vékony hóhatár értékeléséhez nagy körültekintés, tapasztalat, kifogástalan műholdkép és 1000 méter alatt földi megfigyelés is szükséges.

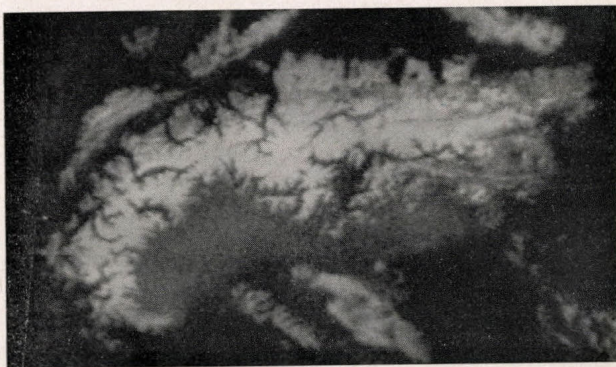
A *3/a–b ábra* az Alpokat az 500 és az 1500 m-es hótakaró esetén szemlélteti. A kiértékelést a teljes anyagon háromszor végeztük el, amelynek során utoljára már az azonos hóhatár-intervallumokhoz tartozó képek összehasonlítására került sor. A becsült hóhatár-értékek más értelmezést kapnak a halmozódás és más az olvadási periódusában. A halmozódás folyamán ugyanis az alacsonyabb hóhatár csak akkor adható meg, amikor azt a hó már eléri, vagyis pl. 1200 m-es hóhatár a kiértékelésnél még 1500 m-nek minősül. Ezzel szemben az olvadási időtartamban a magasabb hóhatár csak akkor adható meg, amikor a hó már odáig visszahúzódott, azaz pl. az 1200 m-es hóhatár még 1000 m-esnek

számít. Így a műholdképről becsült hóhatár-értékek csupán a szintváltás időpontjában jelentenek tényleges állapotot, ami különben a további vizsgálatokat kissé nehezítette.

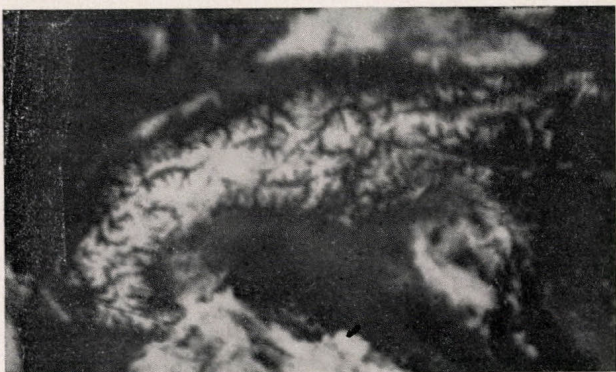
Mindent egybevetve leszögezhető, hogy a műholdképek alkalmasak az Alpok hótakarója területi kiterjedésének becslésére. Különösen vonatkozik ez a nagyobb magasságokra, ahol a földi észlelések már ritkák, vagy hiányoznak.

3. ábra. Az Alpok hótakarója a műhold-felvételeken:

a) 500 m (ESSA 8, 1973. márc. 23.);



b) 1500 m (ESSA 8, 1969. május 2.) hóhatár esetén



Alacsonyabb hóhatárnál célszerű a földi megfigyelések figyelembevétele. A hómagasságra vonatkozóan a műholdképek csak nagyon durva és bizonytalan információt nyújtanak, ezért ezt a kérdést más módon kell megközelíteni.

2.2. A jellemző hőmérséklet meghatározása

A vízgyűjtő terület reprezentatív hőmérsékletének idősorát a csapadék idősorának megfelelő napi bontásban kell előállítanunk. Ezt a reprezentatív hőmérsékleti idősort mind a hófelhalmozódás periódusainak kijelölése, mind az olvadási vízhozam egyenértékének meghatározása teszi szükségessé. Kérdés azonban, hogy egy heterogén domborzattal rendelkező vízgyűjtő területen milyen hőmérsékleti érték tekinthető reprezentatívnak. A hidrometeorológiában gyakorta alkalmazzák [4] a talajközeli közép- vagy a maximum-hőmérsékletet. Ez az eljárás sík vagy dombos területen megengedhető, de az Alpok területén semmiképpen nem követhető. Téli időszakban a talajközeli sekély inverziók több napon keresztül negatív hőmérsékletet okoznak, ugyanakkor már

néhány száz méter magasban pozitív lehet a hőmérséklet. Tekintettel arra, hogy a víztérfogatok meghatározása 500 m-enkénti szubzónákra történik, a jellemző hőmérsékleti idősor előállítására is ezekre az 500 m-enkénti szintekre kívánatos. A Duna vízgyűjtőjének vizsgált területén két aerológiai állomás, München és Bécs magassági hőmérsékleti adatai a vízgyűjtő nyugati, illetve keleti területére jellemzők. A két állomás adataiból számított középhőmérséklet az egész vizsgált vízgyűjtő reprezentatív értékének tekinthető. A fenti megfontolások alapján a reprezentatív középhőmérsékletek idősora a vizsgálati idő 40 hónapjának minden napjára elkészült az 500, 1000, 1500 és 2000 m-es szintekre. Minthogy a hőmérsékleti idősor főként az olvadási folyamat nyomonkövetését szolgálta, a számításokhoz a 12 GMT-kor végzett mérések felhasználása indokolt.

3. Az olvadási tényező meghatározása

A hóolvadás folyamatában felszabaduló vízmennyiség jelentős hányadát teheti ki a Duna tavaszi, kora nyári árvizeinek. Ezért nagy a jelentősége a víztartalék mennyiségi becsülésének. A hóban tárolt vízkészlet becsülését általában háromféle módon közelítik:

1. meghatározzák a téli évszak végén a felhalmozott hó mennyiséget; 2. meghatározzák a „hócsomag” kritikus olvadási arányát; 3. megbecsülik, hogy az olvadás során felszabadult víz hány százaléka jelentkezik a folyó vízhozamában és milyen lesz ennek időbeli eloszlása. A tanulmányban e két utóbbi közelítés kombinációjára került sor. Ismeretes [3, 4], hogy adott területen a hócsomagból az M felszabadult vízmennyiséget mm-ben, az alábbi empirikus formula adja meg:

$$M = C \cdot \Sigma T, \quad (1)$$

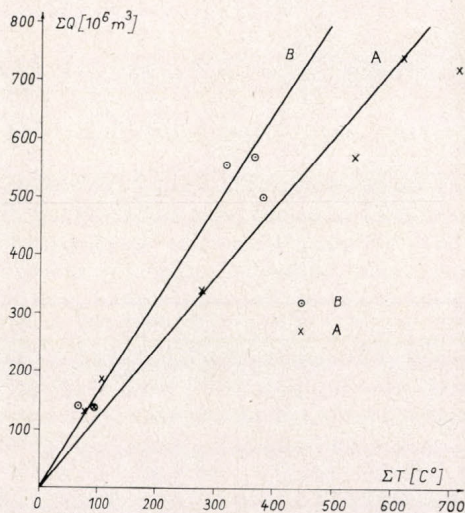
ahol T a pozitív hőmérsékletű napok hőösszege, C pedig empirikusan meghatározott konstans. Ez a közelítés első pillanatra nagyon durvának tűnik, azonban több vízgyűjtőn ezzel a közelítéssel jó eredményeket kaptak. Ennek az az oka, hogy a levegő hőmérséklete jó korrelációt mutat az olvadási folyamatot szabályozó fizikai tényezőkkel: a besugárzással, a levegőben levő vízgőz nyomásával stb. Bár a fenti formula nagyon egyszerű és hasznos, a C faktor azonban — amelyet fok-nap tényezőnek is neveznek —, nagy változékonyságot mutat: lehet a vízgyűjtők földrajzi fekvése, az olvadási időszak és más fizikai faktorok szerint, amelyek a hőmérséklettel nincsenek közvetlen összefüggésben (pl. a szél, csapadék, vagy a hó albedójának változása stb.). A fok-nap faktort a hóvastagság pontméréseiből sok vízgyűjtőn meghatározták, értéke az éghajlati zónától, a domborzattól, a növényi fedettségtől függően 1,4–7 mm/nap érték között ingadozik.

Az (1) formulában az M olvadásból származó vízmennyiséget azt a vízmennyiséget is jelentheti, amely a vizsgált folyóban az olvadás eredményeként mint a felszíni lefolyás vízhozamtöbblete jelentkezik. A C tényező ebben az esetben mint hőösszeg-vízhozam egyenérték határozható meg. Ez az összefüggés azonban csak akkor állapítható meg, ha a hidrográfon jelentkező vízhozamnövekmények tiszta, csapadékmentes olvadási folyamatból keletkeznek. A Duna vízgyűjtő területének szinoptikus klimatológiai föltételei csak ritkán engednek meg a csapadék nélküli hosszabb fölmelegedési periódusokat. Csapadék-tevékenységgel kísért olvadási periódusokban a hóolvadásból származó vízmennyiség becsülése az egész feladatot olyan bonyolulttá teszi, hogy a fenti egyszerű összefüggés már nem vezethet eredményre.

Az 1968 – 1973 közötti öt évben mindössze hét olvadási periódus bizonyult tiszta, csapadékmentes olvadási időszaknak. A kiválasztott 7 tiszta olvadási periódus hossza 8 – 13 nap között ingadozott. Ezekre az időszakokra határoztuk meg a

$$\Sigma \Delta Q = C \Sigma \Delta T_h$$

összefüggést, ahol $\Sigma \Delta Q$ a bécsi naponkénti vízhozam-növekmények összegét jelenti az adott időintervallumra, míg $\Sigma \Delta T_h$ az adott vízhozam-növekménynek megfelelő naponkénti pozitív hőmérsékletek összege minden pozitív hőmérsék-



4. ábra. Az olvadási periódus pozitív hőösszege és a vízhozam összefüggése a Duna vízgyűjtő területén a bécsi szelvényig

letű szintre. Az összefüggés gyakorlati kiszámítása során azonban figyelembe kellett vennünk a különböző szintek területének nagyságát is, ezért a szintre vonatkozó hőösszeget szoroznunk kellett a megfelelő területtel. Az a körülmény, hogy az összefüggés levezetése közvetlenül a vízhozam-növekedéssel való összefüggés meghatározására irányult, több implicit tényező számításbavételét tette szükségessé. A folyóban észlelt vízhozam-növekmények létrejöttében a különböző magasságban elhelyezkedő rétegek más és más vízmennyiséget produkálnak. A teljes olvadási periódus vízhozamának a rétegek hőösszegeinek arányában történő elosztása a réteg vízhozamát adja meg. E feltételezett rétegvízhozamnak és a megelőző, potenciálisan rendelkezésre álló csapadék átlagának

II. TÁBLÁZAT

A hőösszeg-vízhozam egyenérték levezetésekor és a halmozódás számításakor alkalmazott állandók

	500 m		1000 m		1500 m		2000 m		Dimenzió
	A	B	A	B	A	B	A	B	
Lefolyási súlyfaktor	1	1	1	1	1,4	1,2	1,4	1,2	—
Olvadási súlyfaktor	1	1	1	1	1,2	1,4	1,7	1,7	—
Olvadási-lefolyási súlyfaktor	1	1	1	1	1,7	1,7	2,4	2,5	—
Hőösszeg-olvadás egyenérték	1,2	1,5	1,2	1,5	1,4	2,0	2,0	2,5	mm fok ⁻¹
Lefolyási tényező	0,2	0,2	0,2	0,2	0,28	0,25	0,28	0,3	—

hányadosa egy *lefolyási súlyfaktort* határoz meg. Ez az érték a réteg magasságától függ. Hasonlóképpen figyelembe veendő, hogy az olvadás mértékére is érvényes egy *olvadási súlyfaktor*, amely a különböző magasságban elhelyezkedő rétegek olvadási folyamataiban meglévő fizikai különbségekre utal. A lefolyási és olvadási súlyfaktorok szorzata szolgáltatja az olvadási-lefolyási súlyfaktort, amelynek értékei a *II. táblázat A* oszlopában (illetve egy később tárgyalandó közelítés esetében a *B* oszlopban) található. A $\Sigma \Delta Q = C \cdot \Sigma \Delta T_h$ összefüggés levezetése során az olvadási-lefolyási súlyfaktorról a megfelelő szintek hőösszegterület szorzatait súlyozni kellett. A leírt számítássorozatok végeredményeként

$$\Sigma Q = 1,2 \Sigma T$$

összefüggést nyertük, amelyet a *4. ábrán* az *A*-val jelzett egyenes ábrázol.

4. A hóban tárolt víz halmozódása és a tárolt vízkészlet leadása 1968–1973-ban

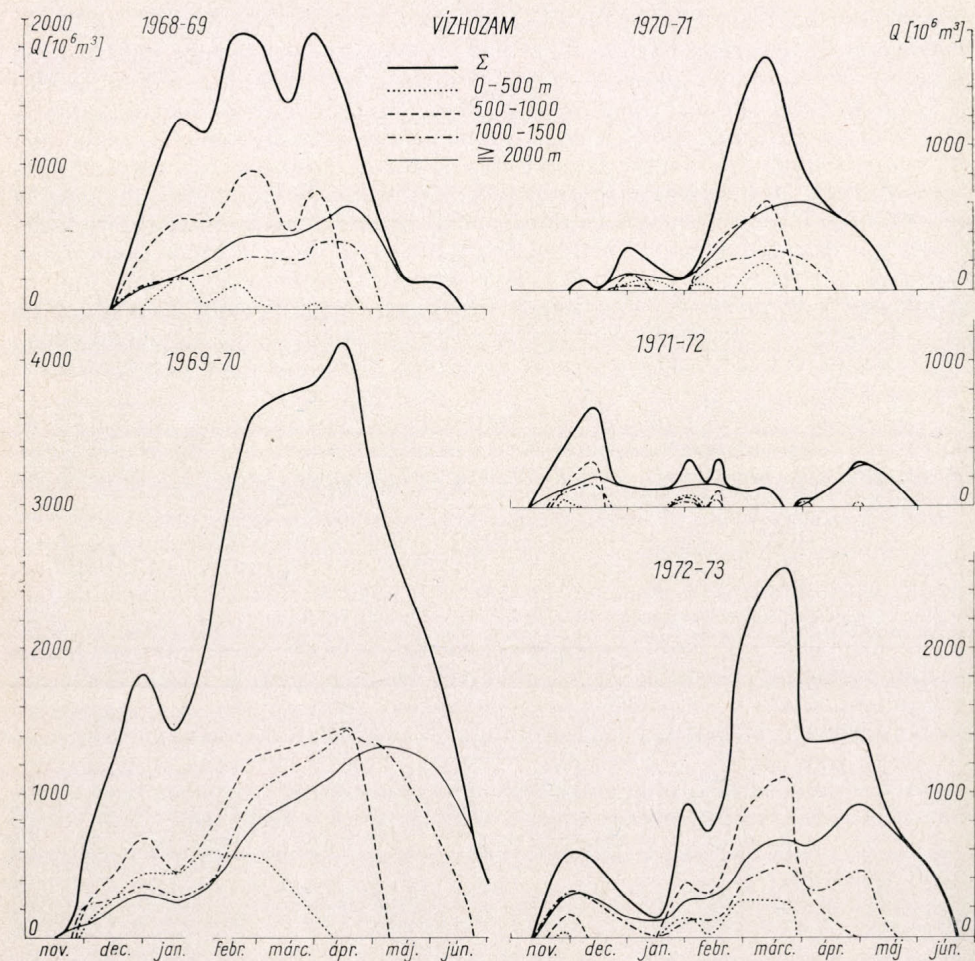
A hőösszeg-vízhozam egyenérték birtokában mind a hóban tárolt felhalmozódó vízmennyiség, mind ennek leadása aránylag egyszerűen becsülhető. Ha a hőösszeg-vízhozam összefüggésből a vízhozam helyett mm vízmagasság megadása szükséges, akkor a hőösszeg-olvadás egyenértéket a *C* faktornak az olvadási súlyfaktorról való szorzata szolgáltatja. Ez az érték a *II. táblázatban* szintén megtalálható, és láthatóan számol a rétegek magasságának hatásával, amely a különböző fizikai folyamatoknak (a szél magassággal való növekedése, a hó albedójának változása, az égtáji kitettség, a növényzet csökkenése stb.) a magasabb rétegekben megnyilvánuló mind nagyobb hatékonyságára utal.

A felhalmozódó vízmennyiség meghatározásának feladatában első lépés a halmozódások időszakának kijelölése a vízgyűjtő különböző magasságban elhelyezkedő szubzónáiban. A halmozódás időszakát a műhold által mutatott hóval borított terület, a csapadék-megfigyelésekben is jelzett havazás ténye és a negatív hőmérséklet létezése a szóban forgó szubzónában egyértelműen definiálja. Ezért a halmozódás időszakában a víztérfogatokat a naponkénti csapadékmennyiség területi átlaga egymást követő összegeinek a műhold által jelzett területtel való szorzatai szolgáltatják. A halmozódás időszakát rendszerint hosszabb-rövidebb olvadási periódusok szakítják meg. Ebben az esetben az addig felhalmozott vízmennyiséget csökkenteni kell a hőösszeg-olvadás egyenértéknek megfelelő vízmennyiséggel. A naponkénti csapadék, hőmérséklet és a műhold által jelzett hótakarós terület ismeretének birtokában a vízkészlet „naprakészen” becsülhető. Az olvadási periódusok végét a hőmérsékleten kívül a műhold-felvételek is kijelölték: a hóvonal eltűnése egy adott szintről egyértelműen jelezte egy-egy olvadási periódus végét. A vízkészlet leadásának ütemét a pozitív hőmérsékletek nagysága és a hőösszeg-olvadás megállapított egyenértéke definiálta.

A vízmérleg-számítások eredetileg csapadék-mm dimenzióban készültek. A vízhozamértékekre történő áttérés során figyelembe kellett vennünk azt a tényt, hogy a felhalmozott csapadékvíznek csak bizonyos hányada fog a felszíni lefolyásban jelentkezni. Átlagos lefolyási tényező felhasználásával a vízhozam-értékek alábecsültnek mutatkoztak. Ez a körülmény indokolta a lefolyási tényező kiszámítását 1968–1969, 1970–1971 és 1972–1973 vizsgált hónapjainak vízhozam- és csapadék-adatai alapján. Az eredményül kapott lefolyási tényezőket a *II. táblázat* utolsó sora tartalmazza.

A felhalmozódó és az olvadási időszakban a felszabaduló vízmennyiség alakulásáról az *5/a-e ábra* nyújt szemléletes képet. Az ábrából kitűnik a vizs-

gált rétegek víz-felhalmozódásának és -leadásának különböző szerepe mind a felhalmozás és leadás üteme, mind a felhalmozott mennyiségek kialakítása tekintetében. A folyóban természetesen a tényezők összege jelentkezik majd, amit a vízhozam összeggörbe reprezentál a szóban forgó ábrákon.



5. ábra. A felhalmozódó és az olvadásban felszabaduló vízhozam értéke összegezve, valamint a különböző magasságig terjedő régiókban, öt egymást követő évben

4.1. Az olvadási tényező módosítása

A 3. pontban meghatározott olvadási tényező a feladat megoldásának első közelítésekként fogható fel. A fentiekben ismertetett vízmérleg-számítások tapasztalatai lehetővé tették az olvadási folyamat valóságosabb szimulációját, a hatékony olvadási periódusok tartamának pontosabb kijelölése révén. Az olvadási tényező kiszámításának ezt a második közelítését a II. táblázatban és a 4. ábrán a B-vel jelzett értékek adják meg. A vízhozam-hőösszeg összefüggés

$$\Sigma Q = 1,5 \cdot \Sigma T$$

lesz, az olvadási tényező értéke pedig 1,2-ről 1,5-re módosul. Az A közelítéshez képest ez utóbbi nyilvánvalóan gyorsabb lefolyást eredményez. A [6] tanulmány igazolja, hogy a levezetett A közelítés megfelelő eredményeket ad.

5. Az eredmények értékelése és felhasználása

A vizsgálatban alkalmazott módszerek és a kapott eredmények több vonatkozásban újszerűek. Külön figyelmet érdemel a mesterséges holdak által nyújtott felvételek hasznosítása a vízmennyiségek, valamint a felhalmozódás és olvadás időszakainak meghatározásában. Hasznosnak és megoldhatónak bizonyult az akkumulálódó pozitív hőmérséklet következtében felszabaduló vízmennyiségnek a közvetlen lefolyásban, a folyó vízhozamában történő nyomonkövetése. A hőösszeg-vízhozam egyenérték levezetése során alkalmazott megfontolások természetesen a valóságos folyamatok meglehetősen durva közelítését jelentik. Nem szabad megfélekednünk arról, hogy a valóságban az olvadás csak ritkán jelentkezik egyidejű csapadéktevékenység nélkül, ami az olvadásból származó vízmennyiséget jelentősen megnövelheti. Későbbi vizsgálatok ezért megkísérelhetik a fizikai folyamatok finomabb figyelembevételét. Hasznos volna a levezetést más időszakok tiszta olvadási periódusaira is megismételni.

A számos nehézség ellenére a kapott eredmények reálisnak minősíthetők, és további felhasználásra alkalmasak. Az összegzett vízhozam idősorai és a csapadék-idősorok birtokában az árhullámok számítógépes szimulációja is végrehajtható.

Az eredmények és a számításokban alkalmazott módszerek a napi hidrometeorológiai gyakorlatban operatív diagnosztikai eljárásokként alkalmazhatók. A tanulmányban használt három információ birtokában a vízfelhalmozódás akár napi bontásban is követhető. Az olvadási időszakban szintén naprakész információ nyújtható a még meglévő vízkészletről, az olvadásban felszabaduló vízmennyiségekről. Az eredmények diagnosztikai felhasználásán túl, előrejelzési értékük alapvetően a hőmérséklet, pontosabban a hőmérsékleti állapotgörbe előrejelzésének sikerétől függ. A gyakorlati munkában a hőösszeg-vízhozam egyenérték B közelítésű értékével célszerű számolni. A fentiekben említett diagnosztikai eljárásnak bizonyos hidrológiai prognosztikai értéke már csak azért is nyilvánvaló, mert a feldolgozások a bécsi szelvényre vonatkoznak, ez pedig a magyar folyószakasz viszonyainak megítélésében föltétlen időelőnyvel jár.

IRODALOM

- [1] R. W. Popham: Satellite Applications to Snow Hydrology. Reports on WMO/IHD Projects, Report No. 7. 1968.
- [2] Snow Survey from Earth Satellites. Report on WMO/IHD Project. Report No. 19. 1973.
- [3] Estimation of Maximum Flood. WMO Technical Note No. 98. 1969.
- [4] Guide to Hydrometeorological Practices. WMO No. 168. TP. 82. 1970.
- [5] S. Frik: Satellite Pictures of the Snow-Covered Alps During April 1960. Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie. Seria: A. B. 13. Heft 2. 1962.
- [6] Magyar Pál: Dunai árhullámok előrejelzése mesterséges holdak hódadatainak felhasználásával. Az Időjárás jelen száma,

Dunai árhullámok előrejelzése műholdak hóadatainak felhasználásával

MAGYAR PÁL, Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Intézet, Budapest

Forecasting of Danubian Floods Based on Snow Data of Satellites. Interrelations between Danubian floods and antecedent precipitation have not yet been revealed correctly. The reason of this was that inputs for such calculations consisted of average values of pointlike observations while the physical process itself was continuous. The use of satellite photos resulted in raising the continuity of the transformation for this relationship and in extending the period of observations till the end of snow-melting. Forecasts made from these with reference to the gauging-station of Vienna had smaller average errors than former calculations. Extreme errors are somewhat greater, mainly in the positive direction. This is mainly due to the peak reducing effect of the water power stations built on the Austrian reach of the Danube.

*

Предсказание Дунайских паводков с использованием спутниковых данных о снеге. Связь Дунайских паводков с вызывающими их осадками до последнего времени не была выявлена с достаточной точностью. Одной из причин этого было то, что измеренные входные данные определялись как средние величины точечных наблюдений, в то время, как сам физический процесс имеет непрерывный характер. С использованием спутниковых изображений удалось в значительной мере увеличить степень непрерывности развертки для указанной связи и распространить ее на период таяния накопившегося зимой снега. Составленные по этим данным прогнозы для Венского участка характеризуются меньшей средней ошибкой, по сравнению с ранее проведенными вычислениями. Экстремальные ошибки несколько увеличиваются, главным образом в направлении положительных значений. Однако, это является главным образом следствием снижения максимумов паводков гидроэлектростанциями, построенными по австрийскому участку Дуная.

*

Bevezetés

A hidrológiai előrejelzés, ezen belül belső sorban az árhullámok előrejelzése, Magyarországon alapvető népgazdasági érdek. Az ország földrajzi fekvése és domborzati adottságai a kérdést mintegy 75 éve a vízrajzi szolgálat és a tudományos kutatás fő feladatai közé sorolják.

A folyók vízjárásának előrejelzését általában négyféle érdek kívánja meg: a mezőgazdaság, a hajózás, az ipar és a települések védelme. Az árvízi előrejelzések szemszögéből nézve a mezőgazdaság és a lakott területek érdekei a legfontosabbak, külön hangsúlyozva azt a tapasztalati tényt, hogy a védtöltések szintjének emelése gyakorlatilag nem tart lépést az árvízi csúcsok egyre növekvő tendenciájával.

Érthető tehát, hogy az előrejelzés is elsősorban az árvizek előrejelzésének területén kezdődött meg, és ezt a vezető szerepet a mai napig megtartotta a hidrológiai előrejelzések többi fajtája: a kisvizek, a talajvízszint-ingadozások, a jégviszonyok, a hordalékviszonyok és a forrásvizek előrejelzése mellett. 1889-ben történtek az első kísérletek a Tisza árvizeinek előrejelzésére. Nem sokkal később, 1898-ban a Dunára és a Tiszára vonatkozóan is folyamatos előrejelzések készültek. Péch József, Bogdánfy Ödön, Korbély József és Hajós Sámuel nevéhez kapcsolhatjuk a magyar árvízi előrejelzések történelmi fejlődésének első szakaszát.

A második szakasz a felszabadulás után kezdődött. A Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Intézet nemzetközi együttműködés útján megoldotta a vízgyűjtő területek határon túli részéről az előrejelzéshez szükséges vízrajzi és hidrometeorológiai adatok gyors beszerzését, feldolgozását és az előrejelzés módszereinek állandó tökéletesítését.

A hagyományos előrejelzési módszerek pontszerűen észlelt adatokkal dolgoztak. Emellett a Duna német – osztrák vízgyűjtő területén a felhalmozódó hó vastagságának és a hó-vízgyenértéknek a mérése nem folyik kellő rendszerességgel. Az észlelés sűrűsége sem megfelelő és a megfigyeléseket a felhalmozódás befejeztével rendszerint meg is szüntetik, pedig az Alpokban lejátszódó hóolvadás nem hagyható figyelmen kívül a Duna tavaszi tetőzési szintjeinek a kialakításában.

A műholdas technika fejlődésével lehetővé vált, hogy nagyobb területek hóviszonyait folyamatosan megfigyeljük, és az akkumuláció napi értékeit meghatározzuk. A vizsgálatok megindításakor az volt az elképzelés, hogy külföldi eredmények alapján meg lehetne kísérelni a műholdak fényképanyagának a felhasználását hazai hidrológiai problémák megoldására is. Erre legalkalmasabbnak a dunai árvezek előrejelzése mutatkozott.

A kutatómunka első részét az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) készítette *Bodolainé Jakus Emma* és *Tánczer Tibor* vezetésével. Ebben a munkarészben [1] a szerzők bemutatták, hogy az előrejelzésekhez szükséges meteorológiai adatokat milyen módon tudja az OMSZ beszerezni, feldolgozni, értékelni és naprakész állapotban a felhasználók rendelkezésére bocsátani. A munka második részében az előrejelzési modell kidolgozására került sor a Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Intézetben.

Bemenő adatok

A modellhez bemenő adatként a következő idősorokat használtuk fel:

1. a napi csapadékmennyiség területi átlaga (eső vagy hó) [mm];
2. a vízgyűjtő területről hóolvadás következtében naponta eltávozó vízmennyiség [m³];
3. a bécsi vízhozammérő állomás napi átlagos vízhozam idősora [m³/s].

Mindhárom bemenő adatsort a tárgyév november 1-étől a következő év június 30-áig állítottuk elő. Az első két adatsort az OMSZ szolgáltatta; a vízhozam-adatok, illetve az alapjukat képező vízállás-adatok a VITUKI Adattárában voltak föllelhetők. Itt jegyezzük meg, hogy a bécsi vízállások előrejelzéséhez – amint azt a továbbiakban részletesebben kifejtjük – 24 órás időelőnyvel kell a bemenő adatokat megadni.

A számítógép-program

A számítási algoritmus kialakításakor több módszerrel kísérleteztünk. Végül egy kétváltozós, regressziós modellt kombináltunk olyan empirikus határfeltételekkel, amelyekkel a 24 órás előrejelzést a bécsi vízhozammérő állomás szelvényére a megkívánt pontossággal el lehetett végezni. A program a következő műveleteket tartalmazza:

1. A 3 bemenő adatsor beolvasása november 1-től június 30-ig (összesen $3 \times 324 = 972$ adat).
2. A vizsgált 324 naphól azok kiválasztása, amelyeken hóolvadás történt.

3. A független változó (a megelőző két nap csapadéka) közös dimenzióra hozása a függő változóval (a tárgynap vízhozam-adatával) [m³/s].
4. A lefolyási tényező változtatásával a független és függő változók közötti kapcsolat maximalizálása.
5. Az alábbi értékek kiszámítása:
 - a független változó (X) középértéke;
 - a függő változó (Y) középértéke;
 - az iránytangens (B);
 - a metszék (A);
 - a független változó (X) szórása;
 - a függő változó (Y) szórása;
 - a korrelációs együttható (R).
6. A meghatározott regressziós egyenletből a megelőző két nap csapadéka és a megelőző nap hóolvadása alapján a tárgynapra vonatkozó ideiglenes előrejelzés kiadása:

$$E_{i1} = BX_i + A, \text{ ahol}$$

E_{i1} – az előrejelzés első megközelítő értéke a tárgynapon (i) [m³/s];
 X_i – a megelőző két napnak a tárgynapon számításba vett csapadék-
 átlaga [m³/s].

7. Az egyenlet metszékének helyesbítése az előző napon mért vízhozam alapján:

$$E_{i2} = BX_i + A + (Y_{i-1} - E_{i1}), \text{ ahol}$$

E_{i2} – az ideiglenes előrejelzés második megközelítő értéke a tárgyna-
 pon (i) [m³/s];

Y_{i-1} – a tárgynapot megelőző napon mért vízhozam [m³/s].

8. Amennyiben az árhullám leszálló ágán történik az előrejelzés, a követ-
 kező empirikus határföltétel lép életbe:

$$E_{i3} = 0,9 Y_{i-1}, \quad \text{ha } E_{i2} < 0,9 Y_{i-1}, \text{ illetve}$$

$$E_{i3} = E_{i2}, \quad \text{ha } E_{i2} > 0,9 Y_{i-1}, \text{ ahol}$$

$$E_{i3} \text{ – a végleges előrejelzett vízhozam [m}^3\text{/s].}$$

9. A mért és előrejelzett vízhozamok közötti eltérés és átlaghiba kiszámí-
 tása.

Az egyes lépésekhez a következő megjegyzéseket tesszük:

ad 2. A tanulmány célja kizárólag a hóolvadásos periódus tanulmányozása
 volt.

ad 4. A lefolyási tényező optimális értéke a vizsgálat során 0,2-nek adódott.
 A korrelatív kapcsolat akkor volt a legszorosabb, amikor a független
 és függő változók középértéke közel azonos volt.

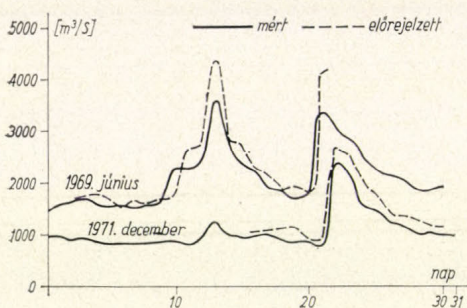
ad 7. A metszék helyesbítése azon a föltételezésen alapszik, hogy a természet-
 ben fluktuáló lefolyási tényező periodicitása hosszabb, mint két nap,
 és az előző napi mért vízhozamhoz tartozó lefolyási tényező nem kü-
 lönbözik lényegesen a tárgynap lefolyási tényezőjétől.

ad 8. A bécsi vízmércéhez tartozó szelvényben a vizsgált 5 év árhullámai alap-
 ján arra az empirikus összefüggésre jutottunk, hogy a leszállóágon a
 napi vízhozamsökkenés 0,9-es recessziós tényezővel jellemezhető.

ad 9. A határföltételeket a biztonság javára úgy szabtuk meg, hogy az előre-
 jelzések – az árvízi helyzetnek megfelelően – inkább pozitív hibát
 tartalmazzanak.

A számított eredmények

Korábban a nem olvadásos csapadékból végrehajtott előrejelzések esetében a pozsonyi mederszelvényre számított napi vízállás átlagos hibája 22 cm, a legnagyobb hiba 98 cm volt. Jelen vizsgálatunk az 1968-tól 1973-ig terjedő öt évre a hóolvadásos árvizekre 17 cm átlagos, és +109 cm, valamint -66 cm szélső hibát mutatott.



1. ábra. Napi közepes vízhozamok Bécsnél 1969 júniusában és 1971 decemberében

Az eredmények értékelése során megállapítottuk, hogy előrejelzéseink átlaghibája kisebb, míg szélsőérték-hibája nagyobb volt, mint az eddigi módszerekkel végrehajtott előrejelzéseké. Az eredmények igazolására az 1969. júniusra és 1971. decemberre vonatkozó előrejelzéseket mutatjuk be grafikus formában, míg az eltérések számszerű adatait az I. táblázat foglalja magában.

I. TÁBLÁZAT

*Az előrejelzett és a mért vízhozamok és vízállások hiba-
terheltsége a Duna bécsi vízmércéjénél*

Év	Átlaghiba			Mért víz- hozam [m ³ /s]	Legnagyobb pozitív hiba			Mért víz- hozam [m ³ /s]	Legnagyobb negatív hiba		
	vízhozam		vízállás		vízhozam		vízállás		vízhozam		vízállás
	[m ³ /s]	[cm]			[m ³ /s]	[cm]			[m ³ /s]	[cm]	
1968 – 1969	163	16	6	3060	1141	109	37	2284	499	17	22
1969 – 1970	242	25	8	3590	557	50	16	3611	568	48	16
1970 – 1971	119	12	5	1574	470	67	30	1672	409	66	24
1971 – 1972	138	14	5	1244	494	78	39	2106	380	63	18
1972 – 1973	170	17	6	858	909	147	106	2420	373	50	15
1968 – 1973	166	17	6	858	909	147	106	3611	409	66	24

Az eredmények több helyen fáziseltolódást (időelőnyhibát) jeleztek az előrejelzett és az utólag mért bécsi vízállásadatok között. Ebből arra következtettünk, hogy a vizsgált fizikai jelenség modelljét túlságosan leegyszerűsítettük. Az alapul vett korrelatív kapcsolat – a megelőző két nap átlagos lefolyása és a bécsi vízhozam-idősor között – maga is időben változó függvény. Talán jobban meg tudtuk volna közelíteni a lefolyási tényező napi értékeit, ha az idővarianciát területi varianciával egészítettük volna ki és a Duna német – osztrák vízgyűjtő területét részvízgyűjtőkre bontva vizsgáltuk volna meg.

A szélsőérték-hibát — különösen, ha az a biztonság irányába hat — nem tartjuk döntő tévedésnek. A fizikai folyamat ilyen esetben nyilván úgy indult el, hogy a szóban forgó előrejelzett érték kialakulhatott volna. Az összegyülekezés folyamán gyorsan változó meteorológiai (hőmérséklet, szél stb.) és hidrológiai-hidrodinamikai változások (lefolysisi tényező, völgyzáró gátak üzeme stb.) a kialakuló bécsi vízszinteket erősen befolyásolják. Ezek az ingadozások inkább ellapítják az árhullámokat.

IRODALOM

- [1] *VITUKI*: Dunai árhullámok előrejelzése mesterséges holdak hóadatainak felhasználásával. III. 2. 2. 8. — 7783/2818 sz. témajelentés. 1975.
 - [2] *Stelczer K.*: A hidrológiai előrejelzések múltja és jelenlegi helyzete Magyarországon. Hidrológiai Előrejelzési Konferencia, Budapest, 1961.
 - [3] 2. Konferenz der Arbeitsgemeinschaft der Donauländer für hydrologische Vorhersagen, Graz, 1963.
 - [4] *Szesztay K.*: A Duna vízjárásának előrejelzése. Tanulmányok és kutatási eredmények, 6. sz. *VITUKI*, 1959.
 - [5] *Szesztay K.*: Az árvízi előrejelzések néhány módszertani kérdése. Beszámoló a *VITUKI* 1955. évi munkájáról, Budapest, 1959.
 - [6] *Szesztay K.*: Folyamatos naponkénti vízállás és vízhozam-előrejelzések a Duna magyarországi szakaszára. Beszámoló a *VITUKI* 1957. évi munkájáról, Budapest, 1959.
 - [7] *Magyar P.*: Műholdak és égi laboratóriumok adatainak hidrológiai felhasználhatósága. MTE SZ Tudományos Ülésszak, Budapest, 1973.
-

Területi csapadékmérés radarral

КАРОВОИТС АЛБЕРТ, *Központi Meteorológiai Intézet, Budapest*

Areal Precipitation Measurements with Radar. The paper gives a summary on the principles of the application of weather radars for precipitation measurements. The radar equation, the relationship between the reflectivity factor and precipitation intensity, the methods for measurement and observation and the effectivity of the measurements are discussed briefly.

✱

Измерение осадков на площади радиолокатором. В работе в сводном виде излагаются основы применения метеорологического радиолокатора для измерения осадков. Коротко рассматриваются уравнение радиолокации, связи коэффициента отражения с интенсивностью осадков, методы измерений и наблюдений, а также эффективность этих измерений.

✱

Számos gyakorlati hidrometeorológiai feladat megoldásához területi csapadékadatok szükségesek. A hosszú periódusokra vonatkozó területi csapadék-átlagok a többnyire hagyományos eszközökkel, hagyományos módon működő, szabályosan vagy szabálytalanul elhelyezkedő csapadékmérő állomások pontszerű méréseiből meghatározott pontossággal előállíthatók [1]. A területi csapadékátlagok előállításának pontossága azonban a periódus rövidülésével rohamosan csökken, sőt a feladat igen rövid periódusok esetében – az automata csapadékmérő állomásokkal fedett területek kivételével – adat hiányában meg sem oldható.

A területi csapadékadatok iránti igények közvetlen kielégítéséhez az időjárásradarnak csapadékmérésre történő alkalmazása vezethet. Ez az új csapadékmérő eszköz – bizonyos korlátok között – éppen a kívánt információt szolgáltatja a radar effektív hatósugarán belül, s az információ hozzáférhetőségi ideje rendkívül rövid.

A radart meteorológiai célokra közvetlenül a második világháború után kezdték alkalmazni. Ahhoz azonban, hogy a radarral történő csapadékmérés terén számottevő eredményeket érjenek el, alapvető kérdések egész sorának megoldására, s az elektrotechnika új eredményeire volt szükség; nevezetesen a meteorológiai célokra vonatkozó egzakt radaregyenlet felállítására, a csapadékrészecskék mikrohullámú sajátosságainak tisztázására, a meteorológiai célokról származó echók fluktuáló természetének vizsgálatára és gyakorlati célokra is elfogadható eredményt nyújtó cseppméret-eloszlás vizsgálatokra [2, 3, 4, 5, 6, 7].

Meteorológiai radaregyenlet

Az időjárásradar impulzusok formájában elektromos energiát sugároz ki, s a hatósugarán belül elhelyezkedő céltárgyokról visszaverődött energiát fel fogja és indikátorán megjeleníti. A radaregyenlet lehetőséget ad arra, hogy a céltárgyról visszaverődött elektromágneses energia révén hasznos információt nyerjünk a céltárgy természetéről, ugyanis a radar technikai paramétereinek segítségével a visszavert energia nagyságát kapcsolatba hozhatjuk a cél visszavető keresztmetszetével. Visszavető keresztmetszeten egy olyan izotrópikusan szóró felületet értünk, amely ugyanakkora energiát ver vissza, mint amekkorát

a tényleges cél. Az egyetlen σ_t visszaverő keresztmetszetű célra (esetünkben részecske) vonatkozó radaregyenlet

$$P_r = \frac{P_t A_p^2}{9 \pi \lambda^2 r^4} \sigma_t, \text{ ahol} \quad (1)$$

P_r a vett energia, P_t a kisugárzott energia, A_p az antenna nyílásterülete, λ a hullámhossz, r a radartól mért távolság.

A meteorológiai célok visszaverő részecskék (cseppek, kristályok, jég szemek) halmazából állanak. A radar a meteorológiai célból az impulzushossz és a sugárnyaláb szélessége által meghatározott térfogatot sugároz be egyszerre. Az impulzustérfogaton belül elhelyezkedő részecskék különböző esési sebességük és a turbulens légmozgások következtében állandóan mozgásban vannak. Az impulzustérfogattól visszaverődött energia nagysága ezért a visszaverő részecskék átrendeződésétől függően pillanatról pillanatra változik, s egy átlagérték körül ingadozik, amelyre felírható, hogy

$$\bar{P}_r = \frac{P_t A_p^2 \Theta \varphi h}{72 \lambda^2} \frac{\sum \sigma_t}{r^2} \quad (2)$$

Itt Θ a sugárnyaláb szélessége a vízszintes síkban, φ a sugárnyaláb szélessége a függőleges síkban, h az impulzushossz.

Ha az egyszerűség kedvéért feltételezzük, hogy a visszaverő részecskék gömb alakúak és átmérőjükre a $D/2 \ll 0,16\lambda$ föltétel teljesül, akkor a visszaverő keresztmetszet Rayleigh-féle közelítéséhez jutunk, amely sikerrel alkalmazható a legtöbb radarmeteorológiai kérdés tárgyalásakor:

$$\sigma_t = \frac{\pi^5}{\lambda^4} |K|^2 D^6, \quad (3)$$

ahol D a visszaverő részecske átmérője, $|K|^2$ a visszaverő részecske komplex törésmutatója.

Az általános gyakorlatnak megfelelően a $\sum D^6$ kifejezést Z -vel jelöljük és Z -t „reflektivitás tényezőnek” nevezzük. Ezek figyelembevételével a meteorológiai célokra vonatkozó radaregyenlet [8]

$$\bar{P}_r = \left(\frac{\pi^5 P_t A_p^2 \Theta \varphi h}{72 \lambda^6} \right) |K|^2 \frac{Z}{r^2} \quad (4)$$

Meg kell jegyeznünk, hogy a radaregyenlet ebben a formában csak akkor igaz, ha a szóródás inkoherens, azaz a szóró részecskék egymástól független és véletlen elrendeződésűek, s az egyes részecskék okozta visszaverődések nem interferálnak – amint azt a csapadéokra be is bizonyították [9] –, továbbá akkor, ha az elektromágneses hullámok a meteorológiai célig tartó útjuk folyamán gyengülést nem szenvednek, s az impulzustérfogatot a visszaverő részecskék teljesen kitöltik.

Mikrohullámok gyengülése

A (2) vagy (4) formulából látható, hogy a meghatározott Z -vel jellemezhető meteorológiai célról visszaverődött energia r^{-2} -vel arányos; ez az ún. távolság okozta gyengülés. A légkörben terjedő mikrohullámok energiája azonban csök-

ken a légkört alkotó gázok, felhőrészecskék és csapadékelemek okozta abszorpció és szóródás következtében is:

$$k [\text{dB/km}] = 10 \log \frac{\bar{P}_r}{P_{r_0}} = -2 \int_0^r (k_g + k_c + k_p) dr \quad (5)$$

Itt k a gyengülés, \bar{P}_{r_0} a visszaverődött energia, amelyet akkor kapnánk, ha nem lenne gyengülés, k_g a légköri gázok következtében fellépő gyengülés, k_c a felhők okozta gyengülés, k_p a csapadék okozta gyengülés.

Néhány centiméternél hosszabb hullámhosszaknál a légköri gázok okozta gyengülés elhanyagolható, kivéve azokat az eseteket, amikor igen nagy távolságokról van szó. Általában a felhők okozta gyengülést is figyelmen kívül hagyhatjuk, habár nagyobb értékeket érhet el, mint a légköri gázok következtében keletkező gyengülés. A mikrohullámok gyengülésében a legdöntőbb szerepet maga a fő visszaverő közeg, a csapadék, mégpedig a folyékony halmazállapotú csapadék játssza. A havazásban (száraz hó) történő csillapodás olyan kicsi, hogy számításainkban figyelmen kívül hagyjuk.

Az elmondottak illusztrálására táblázatosan közöljük azokat az elméleti és tapasztalati úton kapott formulákat, amelyek megadják a felhőben, illetve a csapadékokban fellépő gyengülést dB/km-ben, a csapadék intenzitása, illetőleg a felhő víztartalma függvényében (*I. táblázat*).

Az I. táblázatból felismerhető az a hasznos törvényszerűség, hogy minél hosszabb a hullámhossz, annál kisebb a fellépő gyengülés.

I. TÁBLÁZAT

	Eső, $k_p =$	Hó, $k_p =$	Felhő, $k_c =$
10 cm	$3,0 \cdot 10^{-4} \cdot R^{1,00}$	$3,5 \cdot 10^{-7} \cdot R^{1,60} + 22,0 \cdot 10^{-5} \cdot R$	$9,0 \cdot 10^{-3} \cdot M$
3,2 cm	$7,4 \cdot 10^{-3} \cdot R^{1,31}$	$3,3 \cdot 10^{-5} \cdot R^{1,60} + 68,6 \cdot 10^{-5} \cdot R$	$8,58 \cdot 10^{-2} \cdot M$
0,9 cm	$2,2 \cdot 10^{-1} \cdot R^{1,00}$	Rayleigh-közelítés nem érvényes	$64,7 \cdot 10^{-2} \cdot M$

Kapcsolat a reflektivitás-tényező és a csapadékintenzitás között

A meteorológiai céltárgyat jellemző és a geometriai méreteken kívül egyetlen radarral mérhető mennyiség a reflektivitás-tényező, amely definíció szerint

$$Z = \sum_{\text{vol}} D^6 = \int_D^{D_{\max}} N(D) D^6 dD \quad (6)$$

ahol $N(D)$ az eloszlás-függvény és $N(D)dD$ a D és $D+dD$ átmérő intervallumba eső részecskék számát jelenti a térfogategységre vonatkoztatva. [Havazásban $N(D)$ a hópolyhek megolvadásából keletkező cseppméret-eloszlás.]

Kutatók egész sora vizsgálta már a csapadékrészecskék spektrális eloszlását a talaj közelében vett minták alapján. Közülük a Marshall – Palmer-féle cseppméret eloszlásfüggvény a legismertebb [7]. Eszerint

$$N(D) = N_0 e^{-\lambda D} \quad (7)$$

N_0 és λ csapadék típusától és erősségétől függő állandók.

Az esőcseppek méreteloszlásának ismeretében egyrészt megkaphatjuk Z értékét és meghatározható a víztartalom, valamint a cseppek esési sebessége

révén kiszámíthatjuk a csapadék intenzitását (R). A számított, ill. empirikus úton kapott $Z-R$ összefüggések általános formája

$$Z = aR^b; \quad (8)$$

a és b – állandók, amelyeknek értéke jelentősen változhat a csapadék típusától és a földrajzi helytől függően, ráadásul a különböző szerzők más és más értéket tulajdonítanak nekik [10, 11]. A legnagyobb változékonyságot a értéke mutatja.

A legismertebb és a mérsékelt szélességeken réteges felhőzetből hulló csapadéokra széles körben alkalmazott összefüggés a Marshall – Palmer-féle $Z-R$ összefüggés

$$\begin{aligned} Z &= 200 R^{1,6} \text{ eső,} \\ Z &= 2000 R^{2,0} \text{ havazás,} \end{aligned} \quad (9)$$

ha Z -t mm^6/m^3 , R -et pedig $\text{mm}/\text{óra}$ egységekben adjuk meg. Ezek az összefüggések teszik lehetővé, hogy a csapadékszónákról visszaverődött jelek nagyságából a radaregylet segítségével meghatározzuk a csapadékszóna pillanatnyi intenzitását.

Néhány szempont a radarral végzett csapadékmérés végrehajtásához

Az eddigiekből világos, hogy csapadékmérésre olyan időjárási radart célszerű alkalmaznunk, amely kevésbé gyengülő hullámhosszon működik (pl. $\lambda = 10$ cm), és az antennarendszere által fókuszált elektromágneses energiát a függőleges síkban keskeny nyalábban sugározza ki ($\varphi = 1 - 2^\circ$).

A világpiacon jelenleg beszerezhető, s az említett feltételeknek megfelelő legtöbb időjárási radar alkalmas csapadékmérésre.

A radar megfelelő kiválasztásán kívül a csapadékmérés eredményességét jelentősen befolyásolja a radar megfelelő felállítása, hogy a megfigyelést – amelyet $0 \div 1^\circ$ magassági szög mellett antennaállásnál célszerű elvégezni – a környező tereptárgyak ne akadályozzák.

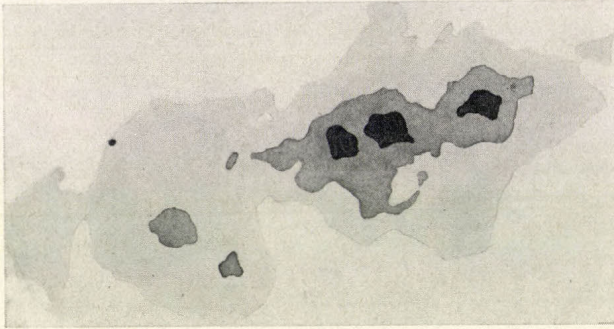
A sugárnyaláb keskenysége és a vízszinteshez közeli antennaállás biztosítja, hogy az impulzustérfogat a radartól még nagy távolságra is viszonylag kicsi legyen és a talajfelszín közelében helyezkedjék el. Így a csapadékrészecskékel viszonylag homogén módon kitöltött impulzustérfogatból visszaverődött elektromágneses energia nagysága a talajfelszínt valóban elérő csapadék intenzitását adja meg.

A radarral végzett területi csapadékmérés pontossága nagymértékben függ a radar kalibrálásától és az alkalmazott $Z-R$ összefüggés megbízhatóságától. A kalibrálás alapfeltétele, hogy a radarberendezés egyes egységeinek üzemelése folyamatosan ellenőrizhető legyen. A kalibrálás általánosan alkalmazott eszköze a radarral azonos frekvencián működő szignálgenerátor, amellyel meghatározzák a vevő érzékenységét és beállítják az erősítés egyes fokozatait. Egyes radaroknál a vevő zajszintjének mérésére speciális beépített mérőegység szolgál, ez azonban nem elegendő az egész rendszer kalibrálására (antennától indikátorig). Némelyek állandó talajcélpontokat vagy léggömbbel szállított ismert visszaverő keresztmetszetű fémgömböket használnak a radar kalibrálására.

A felsorolt kalibrálási eljárásoknál a csapadékmérés pontosságát még a $Z-R$ összefüggés megválasztása is befolyásolja. Az ebből eredő pontatlanságokat kiküszöbölhetjük azáltal, ha a radar kalibrálását közvetlenül csapadékmérővel hajtjuk végre.

Csapadékmérési eljárások

A radarral végzett csapadékmérés alapindikátora az ún. Plan Position Indicator (PPI), melyen a csapadékszónák vízszintes síkra vetített képe jelenik meg, a csapadék intenzitásától függően eltérő fényességű jelek formájában. A jeleknek távolság okozta gyengülését elektromos úton korrigálva, az indikátoron azonos fényességgel megjelenő jelek a csapadékszóna azonos intenzitású részeit jelölik ki. Az emberi szem nem képes a fényesség erősségének változá-



1. ábra. Csapadékszóna ábrázolása a McGill Egyetem időjárásiradarján. A szürke szín árnyalataival jellemzett területek körvonalai a 0,1, 1,6 és 25 mm/óra csapadékinintenzitás izovonalai

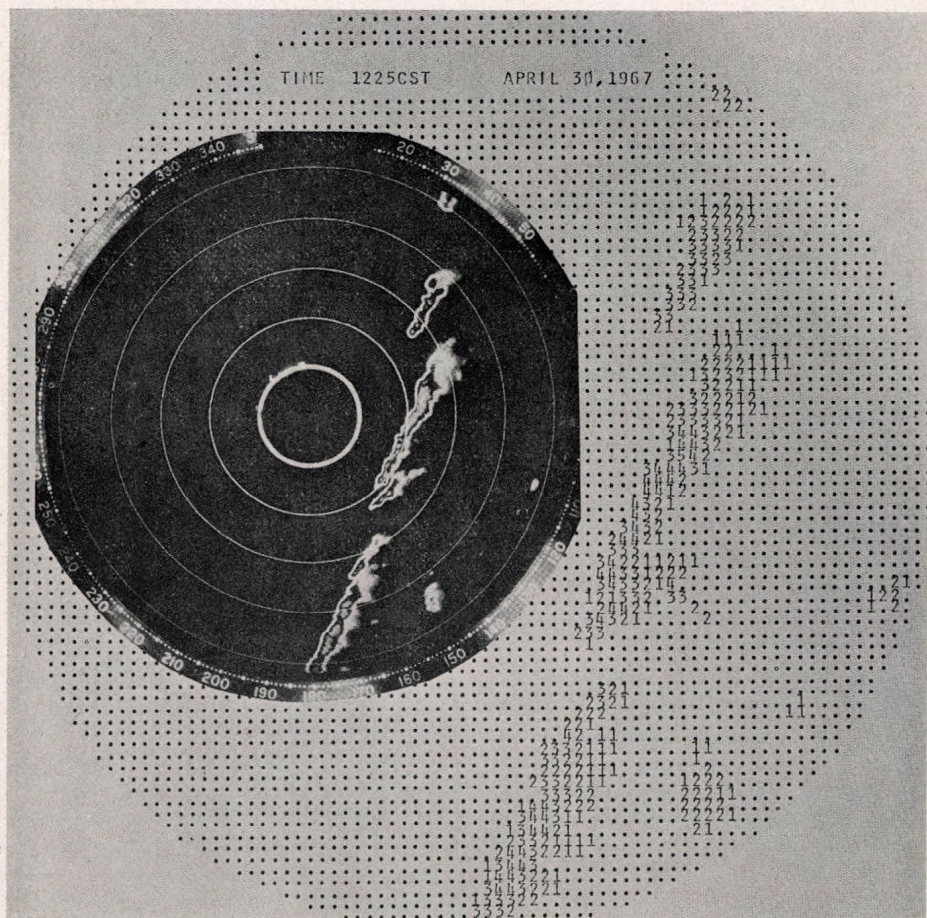
sait megfelelően megkülönböztetni. Ezért a radar vevőjének erősítését lépcsőzetesen változtatva és az egyes erősítés-fokozatoknak megfelelő csapadék-echo körvonalakat valamilyen módon rögzítve állítják elő a csapadékszónát jellemző azonos intenzitású vonalak (izoecho contour) képét. A bizonyos időközönként ilyen módon megjelenített csapadékechókat valamely terület felett időben integrálva, a radarral előállított izohiéta térképet kapjuk. Az ehhez szükséges műveleteket általában manuálisan végzik, de egyre növekszik azon radarberendezések száma, amelyek félautomatikusan vagy automatikusan hajtják végre őket.

A radarral végzett csapadékmérési kísérletek kezdetén a fotodenzitóméteres eljárást alkalmazták [12]. A radarechók időbeli integrálására filmet használtak. A néhány órás exponálás folyamán több ezer PPI-kép helyeződött egymásra, melyek együttesen a csapadékos terület felett lehullott csapadék mennyiségét reprezentálták. Denzitóméter segítségével meghatározták a film feketedését, s ezt összehasonlítva az egyes csapadékmérő állomások adataival, kalibrációs görbét kaptak, mellyel azután bármely pontban meghatározhatták a film feketedéséből a lehullott csapadék mennyiségét, és izohiéta térképet szerkeszthettek.

Egy másik módszer a viszonylag kis területre lehullott csapadék mennyiségét impulzus integrátor segítségével határozta meg [12]. Ez a segédberendezés a csapadékos területről visszaverődött közepes energiát állítja elő, amely a radaregyenlet alkalmazásával átlagos csapadékinintenzitássá számítható át: a megfigyelés (mérés) többszöri megismétlésével megkapjuk a lehullott csapadék átlagos mennyiségét.

A McGill Egyetem (Montreal) időjárásiradarja a csapadékszónák megfigyelését az elektronikát és a filmtechnikát összekapcsoló rendszer alapján végzi [13]. A távolság okozta gyengülés kiküszöbölésére a csapadékszónákról visszaverődött elektromos jeleket korrigálják, még mielőtt a PPI-re kerülnének. A PPI-n megjelenő echókat azután optikai szűrőn keresztül fényképezik le, hogy az idővonalak egyenetlen sűrűségét kiegyenlítsék. A gyors előhívás után

kapott képen a film feketedése így arányos a csapadékszónákról visszaverődött jelek intenzitásával. A kapott negatívot egy fotoelektromos leolvasó-berendezés derékszögű koordinátákban letapogatja, s az intenzitás szerint kvantált jelek telefonvonalon jutnak a faksimile vevőre. A faksimile térképen a csapadékszóna azonos csapadékintenzitást jelölő vonalakból álló képét látják a felhasználók, amelyen a szürke szín diszkrét árnyalatai jellemzik az egyes, előre meghatározott értéknél nagyobb intenzitású csapadékos területeket (1. ábra).



2. ábra. Csapadékszóna izoecho ábrázolása a PPI-n, valamint ugyanezen csapadékszóna digitális radarképe (K. E. Wilk nyomán)

Ezzel a képpel együtt kerül továbbításra az egyes csapadékintenzitás küszöbértékeket meghaladó intenzitású területek nagyságára vonatkozó hasznos kiegészítő információ.

Nemzeti vagy nemzetközi radarhálózatok nagytömegű adatainak feldolgozásához célszerűbb, ha a csapadékintenzitás eloszlását számítógépes feldolgozásra alkalmas digitális formában kapjuk. Először Sweeney [14] írt le olyan radarmegfigyelési rendszert, mely digitálisan állítja elő a csapadékszónák képét.

Ez a rendszer 1° azimut és 1 nmi (*nautical mile* = tengeri mérföld) nagyságú elemi területekre átlagolja a csapadékszónákról visszavert jeleket, majd az $5 \times 5 \text{ nmi}$ nagyságú derékszögű koordinátarendszerben elhelyezkedő területnégyzetekre kiírja a négyzetekre eső elemi területek legnagyobb intenzitás-értékeit.

A 2. ábrán azonos időpontban készült PPI-felvételt és digitális radartérképet láthatunk. A PPI-felvételen az izoechó vonalakat – kívülről befelé haladva – a fekete és fényes terület, a fényes és fekete terület, a fekete és fényes, majd a fényes és még fényesebb terület határai képezik. A digitális radartérképen ugyanakkor az egyes küszöbértékeket meghaladó intenzitásértékeket 1, 2, 3, 4 számok jelölik.

Ideális esetben a csapadékmérésre alkalmazott időjárásiradar

- a hatósugarán belül bármely pontból visszaverődött energia fluktuáló értékeit közepeli,
- az alkalmazott $Z-R$ összefüggés segítségével az átlagolt jeleket csapadékintenzitássá számítja át,
- a csapadékintenzitás-értékek időbeli integrálása révén meghatározza a terület bármely részén vagy pontjában lehullott csapadék mennyiségét,
- a kapott információt csapadéktérkép formájában regisztrálja és eljuttatja a felhasználókhoz.

Az a tény, hogy az alkalmazott eljárások többsége nem felel meg maradéktalanul az imént részletezett ideális rendszernek, azzal magyarázható, hogy a legtöbb eljárás még a kutatást szolgálja, amikor is az operatív szempontok nem elsődleges fontosságúak. Maga a radartechnika az idők folyamán óriásit fejlődött, ugyanekkor elmaradt az időjárásiradaradatok hidrológiai alkalmazásának fejlődése. Az utóbbi években azonban a WMO külön kiadványai bizonyítják [15, 16], hogy milyen fontosságot tulajdonítanak a WWW-rendszerben a radaradatok hidrológiai felhasználásának.

A radarral végzett csapadékmérés eredményessége

A radarral végzett csapadékmérések pontosságát egyértelműen megadni nem lehet: a szakirodalomban található erre vonatkozó adatok igen különbözők, s ez természetes is, mert az eredményességet nagymértékben meghatározzák az alkalmazott eljárások és végrehajtásuk gondossága. A 60-as évek közepéig az összefoglaló munkákban általában azt találjuk, hogy a csapadékmérés pontossága 100 km-es körzetben kettes faktoron belül van, ami azt jelenti, hogy ha a csapadékmérővel mért csapadékintenzitás 10 mm/óra, akkor a radarral mért csapadékintenzitás 5 és 20 mm/óra közé esik. Bár ez a pontosság hidrológiai alkalmazásra nem elegendő, mégis azt mondhatjuk, hogy a radar meglehetősen jó információt szolgáltat – folyamatosan – a csapadék területi eloszlásáról.

A 60-as évek második felében publikált eredmények az előbbieknél nagyobb pontosságról számolnak be, s a radarral végzett csapadékmérések pontosságát más módon ellenőrzik. Ezek szerint az időjárásiradaradatok 100–180 km távolságon belül az esetek túlnyomó többségében 30–40%-os hibával közelítik meg egy olyan csapadékmérő hálózat nyújtotta csapadékadatokat, amelyben minden 400 km² nagyságú területen egy csapadékmérő van felállítva. Ez a hiba igen gyenge csapadék esetében sokkal nagyobb is lehet. Kétségtelen előnye azonban minden radarral végzett csapadékmegfigyelésnek, hogy a nagyintenzitású csapadékszónák létéről mindenkor és azonnal tájékoztat, s egyetlen

időjárás radar több tízezer négyzetkilométer nagyságú területet tart állandó megfigyelés alatt. A radaradatok alkalmazásának új elgondolásai is bátorítók: „A reflektivitás, a csapadékmérők és a folyók vízállás-adatainak első összehasonlítási eredményei arra mutatnak, hogy még akkor is, amikor a radar és a csapadékmérő által nyújtott csapadékértékek jelentősen eltérnek, a radaradatokkal kitűnően előrejelezhető a folyók maximális vízállásának időpontja (Hudlow, 1967). Ez az eredmény a csapadékhullás helye és a hidrograf közötti szoros kapcsolatból adódik és abból, hogy a csapadékhullást radarral nagyon pontosan felderíthetjük még azokon a területeken is, ahol a csapadékadatok pontatlanok. Ennek felismerése lehetővé teszi, hogy a folyók vízszint-emelkedési ütemének mérése és a radarreflektivitás- adatok együttes felhasználásával a folyók vízállását időben előrejelezzék”. [15]

IRODALOM

- [1] *Czelnai Rudolf*: Mintapontok alapján számított havi területi csapadékatlagok konfidenciaszintjei Magyarországon. Orsz. Met. Szolg. kisebb kiadványai, 38. szám, Budapest, 1972.
- [2] *Probert-Jones, J. R.*: The radar equation in meteorology. Quart. J. Roy. Meteorol. Soc., 88 (4), pp. 485–495, 1962.
- [3] *Gunn, K. L. S. and East, T. W. R.*: The microwave properties of precipitation particles. Quart. J. Roy. Meteorol. Soc., 80, 522 1954.
- [4] *Marshall, J. S. and Hitschfeld, W.*: Interpretation of the fluctuating echo from randomly distributed scatterers, Part I. Sci. Rep. MW-4, Stormy Weather Group, McGill University, 1951.
- [5] *Wallace, R. R.*: Interpretation of the fluctuating echo from randomly distributed scatterers, Part II. Sci. Rep. MW-6, Stormy Weather Group, McGill University, 1951.
- [6] *Jr. Smith, P. L.*: Interpretation of the fluctuating echo from randomly distributed scatterers, Part III. Sci. Rep. MW-39, Stormy Weather Group, McGill University, 1964.
- [7] *Marshall, J. S. and W. McK. Palmer*: The distribution of raindrops with size. J. Meteorol., 5 (4), pp. 165–166. 1948.
- [8] *Battan, L. J.*: Radar meteorology. The University of Chicago Press, Chicago, 1959.
- [9] *Lhermitte, R. M. and E. Kessler*: Estimation of the average intensity of precipitation targets. Proc. 11th Conf. on Radar Meteorology, pp. 23–27, Am. Meteorol. Soc., Boston, Mass., 1966.
- [10] *A. M. Borovikov i dr.*: Radiolokacionnye izmerenia osadkov. Gidrometeoizdat, Leningrad, 1967.
- [11] *Joss, J. et. al.*: On the quantitative determination of precipitation by radar. Wissenschaftliche Mitteilung Nr. 63, Zürich, ETH 1970.
- [12] *WMO, 1966*: Technical Note No. 78 – Use of ground-based radar in meteorology.
- [13] *Wein, M.*: Facsimile and areal integration for weather radar, Vol. I., II. Sci. Rep. MW-40, Stormy Weather Group, McGill University, 1965.
- [14] *Sweeney, H. J.*: The weather radar data processor. Proc. 9th Weather Radar Conf. pp. 372–378 Am. Meteorol. Soc., Boston, 1961.
- [15] *Kessler, E. and K. E. Wilk*: Radar measurement of precipitation for hydrological purposes. Reports on WMO/IHD Projects, Rep. No. 5., Geneva, 1968.
- [16] *Flanders, A. F.*: Hydrological requirements for weather radar data. Reports on WMO/IHD Projects, Rep. No. 9., Geneva, 1969.

A levegőkörnyezet mesterséges eredetű radioaktivitása Magyarországon

SIMON ANTAL, Központi Légekőrfizikai Intézet, Budapest

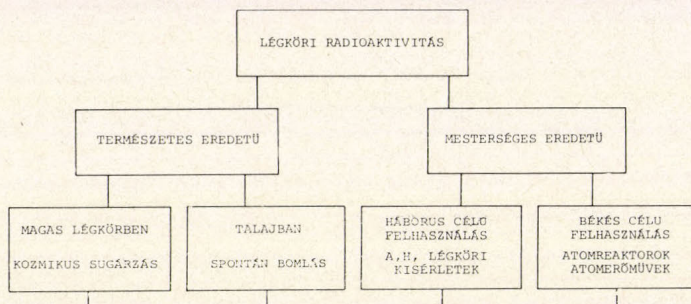
Radioactivity of Artificial Origin in the Atmosphere over Hungary. In the introductory chapter of this study the historical survey of atmospheric radioactivity measurements is followed by an account on the measuring methods. Then the description of a correction method follows with the help of which measurements done with different methods varying in the course of time could have been homogenized. The homogenized series of data was evaluated taking into account the permissible maximum concentration given in the Norm for Radiation Protection and the detection limit. In the period of atmospheric nuclear tests the values for radioactivity of artificial origin approached the permissible maximum concentration given for the entire population. At last the sedimentation velocity of radioactive particles and their residence time in the atmosphere is determined from long data series with the help of an empirical relation.

*

Искусственная радиоактивность атмосферы в Венгрии. Во введении дается исторический обзор исследований по изучению радиоактивности атмосферы, проведенных Метеорологической службой ВНР, и описывается применявшаяся методика исследований. Затем излагается методика ввода поправок, позволяющая привести данные, полученные различными методами, к однородному виду. Гомогенный ряд данных был обработан с учетом максимально допустимой концентрации (по «Стандартам для Защиты от Излучения»), а также предельной выявляемой величины. В период атмосферных ядерных испытаний искусственная радиоактивность атмосферы была близка к максимальной концентрации, допустимой для населения. С использованием эмпирических соотношений по длинным рядам данных автор определил скорость осаждения радиоактивных частиц и их время пребывания в тропосфере.

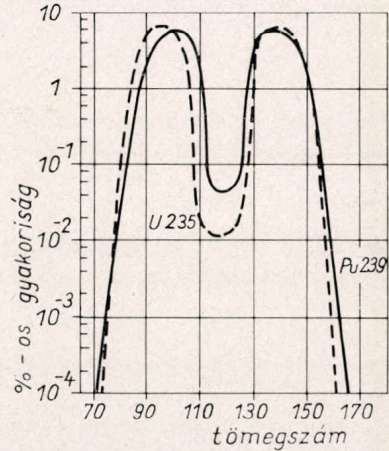
*

Az 1945. július 16-án az USA területén végrehajtott legelső kísérleti légköri atomrobbantás után a Föld légkörében új szennyező anyag jelent meg. Ennek a szennyezőnek a megjelenésével a légköri radioaktivitás fogalom- és problémaköre kiszélesedett. Az 1. ábrán foglaltuk össze vázlatosan, hogyan osztható jelenleg a légkör radioaktivitása, a keletkezési mód figyelembevételével. A négy különféle eredetű más-más izotópcsoport tartozik, amelyek tagjai hosszabb-rövidebb ideig tartó spontán bomlásukkal és tartózkodásukkal alakítják ki a légkör mindenkori radioaktív szintjét. A 2. ábrán a légköri nukleáris kísérleti robbantások során az U^{235} és Pu^{239} izotópok hasítása során elő-



1. ábra. A légkörben található radioaktivitás megoszlása a keletkezés módja szerint osztályozva

álló sugárzó izotópok gyakorisága %-ban van megadva a tömegszám függvényében [1]. A maximális gyakorisághoz tartozó izotópokkal a későbbiekben még foglalkozunk. Az *I. táblázatban* – Róka O. közlése nyomán [2] – az épülő paksi atomerőmű egyéves üzeme során várhatóan felszabaduló izotópok számított kibocsátási értékeit és a maximális üzemzavarhoz tartozó értékeket adtuk meg. A táblázatban a feltüntetett izotópok sorrendjét a minőségi és mennyiségi



2. ábra. A léggöri nukleáris kísérletek során keletkező izotópok gyakorisága U^{235} és Pu^{239} hasadásakor

veszélyesség együttes figyelembevételére szabta meg. A *II. táblázat* a légkörben a kozmikus sugárzás hatására keletkező radioaktív izotópokat foglalja össze [3]. A *3. ábrán* a talajeredetű természetes radioaktív elemek bomlási sorozatait adjuk meg [4]. Az ${}_{86}\text{Em}$ emanációk a talajkapillárisok belső, illetve a talajközeli levegő diffúziója miatt kerülnek a légkörbe. (A felsoroltakon kívül ismeretes a negyedik radioaktív bomlási sorozat: a neptuniumé (Np^{237}), amely a mesterségesen nyert és a természetben csak minimális mennyiségben előforduló, az uránnál nehezebb elemekből származik. Rendkívüli ritkasága miatt légköri jelenléte elhanyagolható.)

I. TÁBLÁZAT

Jelentősebb izotópok, melyek egy atomerőműben felszabadulhatnak az éves üzemidő végéig

Elem	Max. üzemzavar (Ci)	Közbülső folyás (Ci)	T 1/2
Xe^{133}	$1,9 \cdot 10^6$	$4,40 \cdot 10^3$	5,07 nap
Kr^{85}	$0,47 \cdot 10^4$	$5,4 \cdot 10^{-1}$	10,0 év
Xe^{135}	$5,6 \cdot 10^5$	$0,9 \cdot 10^3$	9,2 óra
J^{131}	$8,2 \cdot 10^5$	$3,94 \cdot 10^2$	8,05 nap
J^{133}	$8,0 \cdot 10^5$	$1,08 \cdot 10^3$	20,8 óra
Sr^{90}	$5,71 \cdot 10^3$	$3,6 \cdot 10^{-3}$	28 év
Cs^{137}	$1,24 \cdot 10^5$	$5,7 \cdot 10^{-1}$	30 év
Zr^{95}	$1,07 \cdot 10^5$	1,75	65 nap
Sr^{89}	$8,29 \cdot 10^4$	$8,0 \cdot 10^{-1}$	50,5 nap
Cs^{134}	$1,27 \cdot 10^2$	$1,58 \cdot 10^{-3}$	2,2 év
Ba^{140}	$1,1 \cdot 10^5$	1,96	12,8 nap
Mo^{99}	$1,05 \cdot 10^5$	$1,04 \cdot 10^1$	66,5 óra

II. TÁBLÁZAT

A kozmikus sugárzás hatására keletkező radioaktív elemek a légkörben (Lal, Peters, 1967)

Elem	felezési idő	atom/cm ² .sec	Curie/cm ² .sec
H^3	12,3 a	0,25	$1,3 \cdot 10^{-20}$
C^{14}	5760 a	2,5	$2,5 \cdot 10^{-22}$
Be^7	53 d	$8,1 \cdot 10^{-2}$	$3,2 \cdot 10^{-19}$
Be^{10}	$2,5 \cdot 10^6$ a	$4,5 \cdot 10^{-2}$	$9 \cdot 10^{-27}$
Na^{22}	2,6 a	$8,6 \cdot 10^{-5}$	$1,7 \cdot 10^{-23}$
Si^{32}	710 a	$1,6 \cdot 10^{-4}$	$1,3 \cdot 10^{-25}$
P^{32}	14 d	$8,1 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^{-20}$
P^{33}	25 d	$6,8 \cdot 10^{-4}$	$6,8 \cdot 10^{-21}$
S^{35}	87 d	$1,4 \cdot 10^{-3}$	$3,5 \cdot 10^{-21}$
Cl^{36}	$3,5 \cdot 10^5$ a	$1,1 \cdot 10^{-3}$	$2,2 \cdot 10^{-27}$
Cl^{39}	55 m	$2,3 \cdot 10^{-4}$	$1,3 \cdot 10^{-18}$

vétellel a légköri aeroszol-részecskék radioaktivitás vizsgálata is megindulhatott. 1956 végén a (OMI) hálózat megszűnt, és csak a Budapest-Lőrinc-i állomás működött folyamatosan. A hatvanas évek elején új alapokon állt fel az OMI radioaktív-mérő hálózata, amely ezután már a mai napig megszakítás nélkül üzemel. A mintavételezést, méréselőkészítést, mérést és adatszolgáltatást az állomások önállóan látják el, egységes metodika segítségével [7].

A szocialista országok Meteorológiai Szolgálati Igazgatói Konferenciája az NDK javaslatára 1959-ben létrehozta a „Radioaktivitási munkacsoportot”

III. TÁBLÁZAT

Az ^{235}U hasadásánál keletkező izotópkeverék arányok százalékos időbeli változása (Hunter, Ballou, 1951)

Elem	Eltelt idő napokban												
	10	20	30	40	50	60	80	100	150	210	250	300	365
Ba ¹⁴⁰ , La ¹⁴⁰	22,6	25,9	23,2	18,9	14,6	11,0	5,4	2,2					
Xe ¹³³	11,5	6,0	2,5	1,0									
Te ¹³² , I ¹²³	10,4	2,6											
Pr ¹⁴³	10,0	12,0	11,2	9,6	7,8	6,2	3,4	1,4					
I ¹³¹	6,8	5,6	3,6	2,3	1,4								
Mo ⁹⁹	6,8	1,1											
Ce ¹⁴¹	6,3	9,7	11,2	11,7	11,3	10,8	9,3	7,8	4,5	1,8			
Ru ¹⁰³ , Ph ¹⁰³	5,1	8,6	11,2	13,0	14,0	14,6	13,8	10,5	7,1	4,5	2,9		
Nd ¹⁴⁷ , Pm ¹⁴⁷	4,8	5,0	4,1	3,1	2,1	1,4		1,4	2,2	3,2	4,2	5,8	
Zr ⁹⁵ , Nb ⁹⁵	3,3	8,1	12,2	16,6	20,5	24,5	30,3	34,5	39,2	39,4	35,4	29,5	22,5
Y ⁹¹	3,2	5,6	7,6	9,0	10,2	11,2	12,3	12,8	12,0	10,3	9,5	6,5	3,8
Sr ⁸⁹	2,9	5,0	6,7	8,0	9,0	9,8	10,3	10,5	9,6	7,9	6,1	4,5	2,7
Ce ¹⁴⁴ , Pr ¹⁴⁴		2,6	4,0	5,4	6,6	8,0	10,6	13,4	19,6	26,0	33,6	42,0	53,0
Ru ¹⁰⁶ , Rh ¹⁰⁶											3,0	3,8	4,8
Sr ⁹⁰ , Y ⁹⁰											2,0	2,6	3,8
Cs ¹³⁷ , Ba ¹³⁷												2,0	3,0

Elem	Eltelt idő években										
	1	2	3	4	6	8	10	15	20	50	100
Zr ⁹⁵ , Nb ⁹⁵	22,5	1,0									
Y ⁹¹	3,8										
Sr ⁸⁹	2,7										
Ce ¹⁴⁴ , Pr ¹⁴⁴	53,0	60,0	41,0	27,0	8,6	1,9					
Pm ¹⁴⁷	5,8	13,5	19,0	21,3	21,2	18,8	15,5	8,0	3,4		
Ru ¹⁰⁶ , Rh ¹⁰⁶	4,8	6,8	6,0	4,7	2,3						
Sr ⁹⁰ , Y ⁹⁰	3,8	10,4	17,4	24,0	34,0	40,0	43,8	47,6	48,5	44,0	34,0
Ce ¹³⁷ , Ba ¹³⁷	3,0	8,0	13,6	18,8	27,4	33,0	36,6	41,8	44,0	54,5	64,0
Sm ¹⁵¹			1,2	1,5	2,0	2,3	2,5	2,6	2,6	2,0	1,1
Kr ⁸⁵				1,2	1,5	1,7	1,7	1,5	1,2		

(RGR), melynek első ülése Drezdában zajlott le [8]. A munkaértekezlet jelentős lépés volt e munkaterület egységes módszereinek kidolgozása irányában. A később ismertetésre kerülő mérési módszerek lényegében már itt kialakultak. A német szolgálat a résztvevők részére egységes hitelesítő etalonokat osztott szét. Megállapodás született, hogy a mérésnél a vonatkoztatási alap a Sr⁹⁰ izotóp legyen.

A nemzetközi egységesítésben a következő jelentős állomás volt 1970-ben Obnyinszkban a Szovjetunió Hidrometeorológiai Szolgálatára kezdeményezésére megalakított, illetve összevont új munkacsoport, a „Légszennyeződések meteorológiai aspektusa munkacsoport” (RGMZA) létrejötte [9]. Ekkor az eddig csak

szűken a mesterséges légköri radioaktivitással foglalkozó csoport munkája szélesebb keretbe helyeződött. A munkacsoport fő érdeme a szocialista országokban használt mérési módszerek teljes egységesítése és egymás közötti folyamatos információcsere megvalósulása volt. Megjegyezzük még, hogy a WMO egy *Technical Note* [10] kiadásával is segítette az egységes mérési módszerek kialakítását, de ez a segédlet számunkra csak általános megoldásokat nyújtott.

A Meteorológiai Szolgálatban jelenleg az ún. *össz-béta* radioaktivitás méréseket alkalmazzuk mind az aeroszol, mind pedig a csapadék, vagy ülepedés-mintáknál. Ez a legegyszerűbb módszer általános tájékozódásra alkalmas, azonban megfelelő értékeléssel többoldalú információt nyerhetünk általa. A *III. táblázatban* bemutatjuk, hogy egy keverékmintán belül, a robbantástól számított idő függvényében hogyan változnak a különböző felezési idejű izotópok arányai egy éven belül, illetve azon túl [11]. Az *első hónap* végén a Ba^{140} , La^{140} csoport, az *első év* végén a $Zr + Nb^{95}$ csoport, míg a tizedik év végén a Sr^{90} , végül *100 évvel* később a Cs^{137} , Ba^{137} izotópok jelennek meg maximális arányban, természetesen a felezési időnek megfelelően egyre csökkenő koncentrációban. Tehát a robbantás időpontjától távolodva a különböző felezési idők miatt mindig más-más izotópcsoport adja a teljes aktivitás jelentős részét. Ezen tény és a légköri robbantások körülményeinek figyelembevételével már az egyszerűbb mérési módszer — az *össz-béta* aktivitás mérése — is jól használható eredményeket szolgáltat.

Az aeroszol radioaktivitás mérése

A légköri aeroszol-részecskék radioaktivitását szűrési módszerrel, szakszosan, 24 órás mintavételi idővel mérjük. A szűrőfelület vízszintesen, 2 m-re a talajtól, szabad felállítási helyen, esőtől védtelen van kihelyezve. A levegőt vákuumszivattyúval áramoltatjuk át a szűrőn, a szivattyú után az átszívott levegőt száraz gázórával mérjük. Szűrőanyagunk csehszlovák gyártmányú AUFS (SYNPOR 4) típusú ultramembrán szűrőt alkalmazunk. A szűrőfelületen felfogott aeroszol-részecskék radioaktivitása közvetlenül mérhető [7].

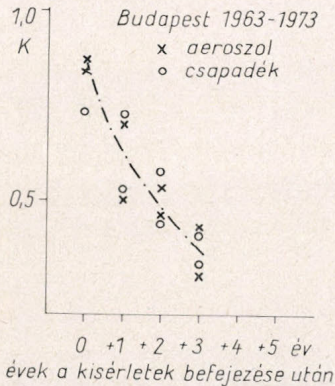
A csapadék-radioaktivitás mérése

A csapadék-radioaktivitás meghatározásához 1 m magasan elhelyezett polyetilén anyagú, alján szabad vízfelszín tartalmazó, ismert felületű gyűjtőedényt használunk. A napi mintákból vízfürdön történő bepárlással nyerünk száraz maradékot, melynek aktivitását mérjük. Csapadékmentes napokon a felfogott ülepedő részecskéket a csapadékhhoz hasonlóan készítjük elő, majd mérjük aktivitásukat. Csapadékmentes napon közvetlenül az ülepedés mértékét adjuk meg. Csapadékos napokon a csapadék fajlagos aktivitását, valamint a napi csapadékkal ülepedő aktivitás mértékét is megadjuk [7].

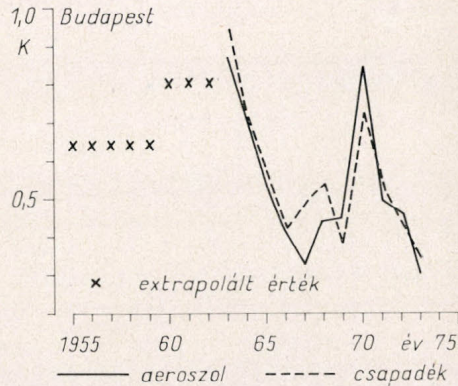
Minden mérés kétfajta hibát tartalmaz. Egyrészt metodikai hibát, amely az aeroszol és ülepedés mérésénél eltérő értékű, másrészt mérési hibákat. A mérési hiba a számlálás statisztikus hibájából és a rendelkezésre álló Sr^{90} etalon saját hibájából adódik össze. A számlálási hiba megfelelő mérési idő megválasztásával $\pm 25\%$ alatt tartható, a törzsetalon saját hibája $\pm 5\%$. A metodikai hiba az aeroszol-részecske mérésnél $\pm 10\%$ -nak adódott korábbi vizsgálatokból, az ülepedés és csapadék radioaktivitás mérésnél pedig $\pm 40\%$ -nak.

Az ismertetett módszerrel csak az új mérőhálózat létrejötte óta végzünk méréseket, korábban ettől némileg eltérő eljárásokat használtunk. Az egységes értékeléshez a korábbról rendelkezésre álló anyagot homogenizálni kellett.

Az alkalmazott mintavételi eljárásoknál elkerülhetetlenül felfogjuk a természetes radioaktív izotópokat is. A minták mesterséges eredetű radioaktivitása ezért csak a természetes izotópok lebomlása után határozható meg. A mintavétel és a mérés közötti megfelelő időkülönbség megválasztásával a mesterséges radioaktív szint mérhető. A természetes radioaktivitásnál a radon fordul elő a legnagyobb koncentrációban, 3,8 nap felezési idővel, alfa sugárzási móddal. A radon béta sugárzó leányeleme a RaB, amely már csak 27 perces felezési idővel bomlik. Jelentős még a ThB izotóp béta sugárzása, melynek felezési



4. ábra. A légköri össz-béta minták gyűjtése után három és két nappal mért aktivitás-értékek arányának (72 óra/48 óra = K) időbeli változása a robbantások befejezésétől időben távolodva



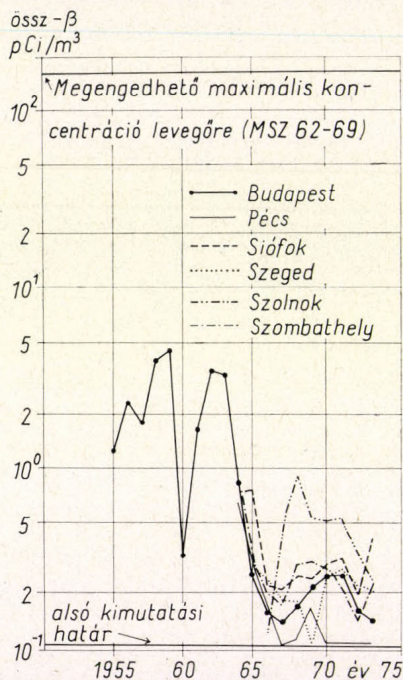
5. ábra. A K értékek időbeli változása és extrapolált értékei

ideje 11 óra. Módszerünknel háromnapos (72 órás) késleltetést alkalmazunk a mintavétel és a mérés között. Ez alatt az idő alatt a természetes komponensek aktivitása a mesterségeshez viszonyítva elhanyagolhatóvá válik, így már kis zavaró hibával mérhető a mesterséges eredetű aktivitás szintje. A béta sugárzás detektálása GM-csővel rendszerrel történik, budapesti állomásunkon antikoincidenziás GM-csővel műszert használunk. Az alkalmazott mérőrendszer mérési határai [12]: *Alsó kimutatási határ* aeroszornál 0,1 pCi/m³, csapadéknál 10 pCi/liter, ill. 0,01 nCi/liter, ülepedésnél 10 pCi/m²·nap, 0,01 nCi/m²·nap, ill. 0,01 mCi/km²·nap. *Felső mérési határ*: Antico. rendszerrel, a detektor rendszer kimért feloldási ideje mellett $4 \cdot 10^4$ cpm számlálási sebesség holtidő-korrekciónak nélkül lehet mérni.

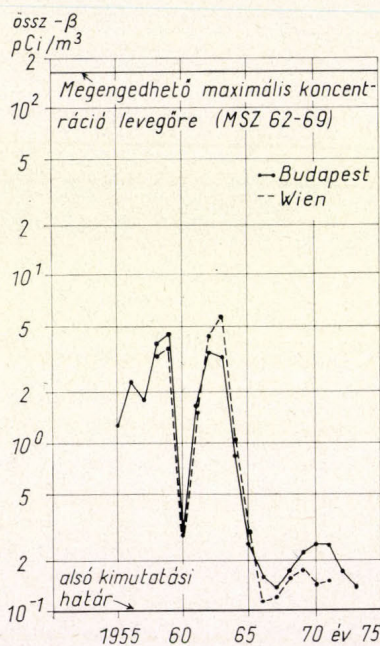
Korábbi méréseinknél rövidebb időkülönbséggel mértük a mesterséges aktivitást, így adataink bizonyos mértékben természetes radioaktivitást még tartalmaztak. Az 1955–59 közötti időből a mintavétel után 24 órás különbséggel készült, az 1960–62 közötti évekből 48 órával, majd 1963-tól 72 órával későbbi mérésekből kapott adatokkal rendelkezünk. Az 1960. évtől 48 és 72 órás késleltetésű mérések egyaránt készültek.

Az adatok homogenizálására a 72 és 48 órás késleltetésű mérések eredményeiből képezett arányokat használtuk fel annak figyelembevételével, hogy a vizsgált időszak milyen távol esik a kísérleti légköri robbantások befejezésétől. A számítás eredményét a 4. ábrán adjuk meg. A vizsgálatához 10 év napi mesterséges eredetű aeroszol-részecske és csapadék radioaktivitása méréseinek adatát dolgoztuk fel. Az adott időszakban egyszer sem állt rendelkezésre három évnél hosszabb idő, amely jelentősebb kísérleti robbantástól mentes lett volna.

A K arányossági tényező, amit a 72/48 órás mérések mindenkori arányából állítottunk elő, bizonyos elhanyagolással a mesterséges és természetes légköri radioaktivitás arányát is jelenti. Az 5. ábrán a tényleges mérésekből számított, valamint az extrapolált K értékeket adjuk meg. Az extrapolációhoz a mérési idő késleltetésén kívül figyelembe vettük még az adott időszakban végrehajtott robbantások számát is. Jelen feldolgozás során két különböző ellenőrzést végeztünk a korrekció helyességére.



6. ábra. Az aeroszol össz-béta radioaktivitás évi közepének időbeli változása Magyarországon



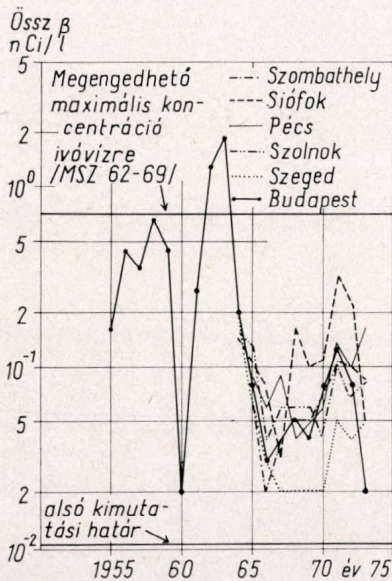
7. ábra. Budapest és Bécs aeroszol össz-béta radioaktivitása évi közepének időbeli változása

Munkánk célja a légköri mesterséges eredetű radioaktivitás szintjének értékelése hosszú adatsor segítségével. Az értékeléshez a „Radioaktív izotópok sugárzása elleni védelem” c. szabványban [13] rögzített, a lakosság számára megengedhető, alábbi maximális koncentráció-értékeket vettük figyelembe: levegőben $5/30 \cdot 10^{-9} \mu\text{Ci}/\text{ml} = 166 \text{ pCi}/\text{m}^3$, ivóvízben $7 \cdot 10^{-7} \mu\text{Ci}/\text{ml} = 0,7 \text{ nCi}/\text{liter}$. E béta-sugárzó izotópkeverékekre megadott határértékek évi folyamatos sugárterhelésre érvényesek, így méréseinkből képzett évi középértékek figyelembevételével végeztük az értékelést. A szabvány csak ivóvízre érvényes normákat ad meg, miután azokat csak az emberrel közvetlen kapcsolatba kerülő környezetre állapították meg. Az ivóvíz végső soron a csapadékból származtatható, így a csapadék radioaktivitás szintjének értékelésére kényszerűen ezen normát vettük figyelembe. A maximális megengedhető koncentráció választott értékével szemben kétségtelenül felvethető a talaj, illetve a kutak szűrőhatása, azonban a csapadékvíz esetleg közvetlen emberi felhasználásra is kerülhet.

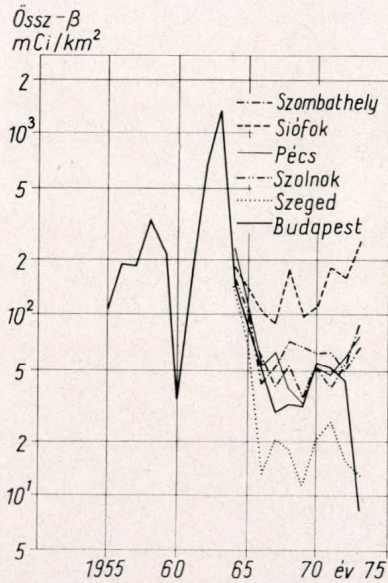
A 6. ábrán a mesterséges eredetű radioaktív aeroszol-részecskékre kapott mérési adatsor évi középértékeit mutatjuk be 1955 és 1973 évek között, a meg-

engedhető maximális koncentráció, valamint az alsó kimutatási határérték feltüntetésével. A mesterséges eredetű légköri aktivitás értékei láthatóan több mint egy nagyságrenddel maradtak a népességre vonatkozó megengedhető szint alatt. Vidéki hálózatunk adatai jelentős szórást mutatnak, főleg Szolnok és Pécs adatainak realitása kérdéses.

A 7. ábrán mutatjuk be a homogenizált aeroszol radioaktivitás adatainak egyik ellenőrzési módját. Az 1958–71 évek között a rendelkezésre álló bécsi



8. ábra. A légköri csapadék össz-béta radioaktivitása súlyozott évi közepének időbeli változása Magyarországon



9. ábra. A száraz és nedves ülepedés össz-béta radioaktivitása évi összegeinek időbeli változása

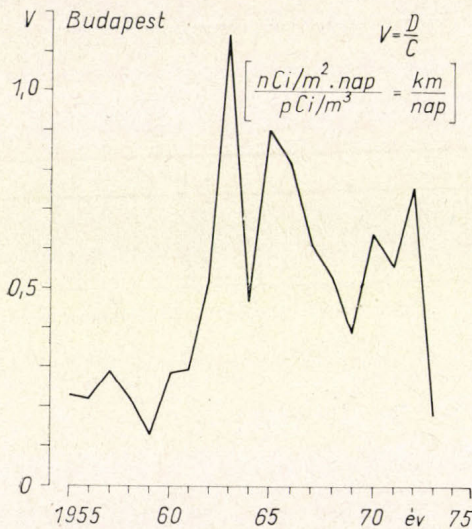
mesterséges eredetű radioaktivásra vonatkozó adatokból is előállítottuk az évi középértékeket [14]. A két mérési sorozat a meteorológiailag megengedhető szóráson belül simul egymáshoz, tehát a homogenizálás e szerint az összehasonlítás szerint is reálisnak tekinthető.

A 8. ábrán a légköri csapadék specifikus radioaktivitás értékeinek súlyozott évi középértékeit tüntettük fel, a kimutatási határ és az ivóvízre megengedhető maximális koncentráció feltüntetésével. A csapadék radioaktivitásának súlyozott évi középértékei 1962–63 években meghaladták a választott norma szintjét. Más időkben egy nagyságrenddel vannak alatta. Vidéki hálózatunk értékei itt is a reálisnál nagyobb szórást mutatnak, közülük főleg Siófok és Szeged állomások értékei kiugróak.

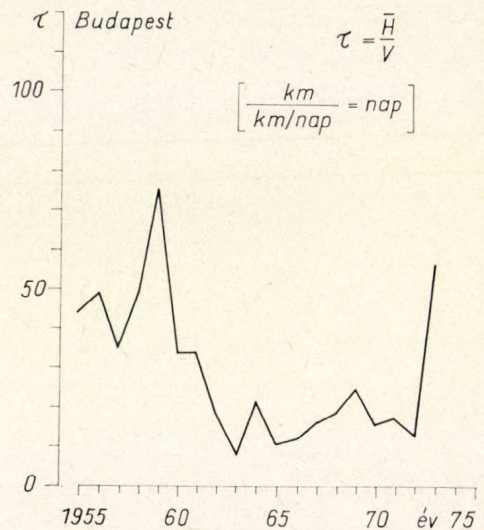
Mint a 6. ábrán az aeroszonnál, úgy a csapadék specifikus radioaktivitása időbeli menetében is három jól elkülöníthető maximum mutatkozik. Az első nagyobb szabású légköri kísérletsorozat, illetve hadi felhasználás után az atomhatalmak 1958-ban önkéntes moratórium alapján függesztették fel kísérleteiket. A felújított légköri kísérletek után 1963-ban a moszkvai atomcsend egyezmény következményeként a „klasszikus” atomhatalmak már végleg beszüntették a légköri kísérleteket, és csupán Franciaország és a Kínai Népköztársaság végez légköri robbantásokat. A harmadik, alacsonyabb maximum ezek követ-

kezménye. A legújabb kísérleteket kezdő India még csak földalatti robbantásokat végzett.

A 9. ábrán a talaj felületegységére vonatkoztatott száraz és nedves módon ülepedő részecskék aktivitás-értékeinek évi összegeit, azaz az évi teljes ülepedés-értékeket mutatjuk be. Az ábrához megengedhető maximális szintet adni nem tudunk, miután ilyen jellegű értéket a jelenlegi szabvány nem tartalmaz. Az ábrán feltűnő Siófok és Szeged nagyon eltérő adatsora, ami rendszeres hibára utal. Az ülepedés értékeiben a hármas maximum szintén jelentkezett, a kifejtettekkel azonos okból.



10. ábra. A troposzférában levő radioaktív részecskék ülepedési sebességének időbeli változása Budapesten



11. ábra. A troposzférában levő radioaktív részecskék tartózkodási idejének időbeli változása Budapesten

A légkörbe került mesterséges radioaktív anyagok ülepedési mechanizmusa

Ismeretes, hogy a robbantás módjától, energiájától függően a keltett radioaktív részecskék nagyrésze vagy a troposzférába, vagy a sztratoszférába kerül. Az ülepedést ezután az szabja meg, hogy a részecskék mely szintből kezdik meg kiesésüket a légkörből. Korábban foglalkoztunk a radioaktív részecskék sztratoszférikus tartózkodási idejével [15], most az előállított hosszú adatsor felhasználásával vizsgáljuk meg a troposzférikus ülepedés jellemzőit. A troposzférikus ülepedési sebesség kiszámítható a mért aeroszol koncentráció és az ülepedés mértéke ismeretében az alábbi ismert, tapasztalati összefüggéssel [16]:

$$V = D/C$$

ahol D az ülepedés $nCi/m^2 \cdot nap$ -ban, C a koncentráció pCi/m^3 -ben. A megfelelő dimenziójú értékek hányadosa km/nap nagyságrendű ülepedési sebesség-értéket szolgáltat.

A 10. ábrán az 1955 – 73. évek között Budapesten mért mesterséges eredetű légköri radioaktív adatokból számított troposzférikus ülepedési sebesség-értékek szerepelnek. Az ábrából kiolvashatóan, amikor friss hasadványok voltak a troposzférában, az ülepedési sebesség növekszik. A robbantások után közvetlenül több nagyobb méretű részecske jelenléte valószínű, ami megmagyarázza

a sebességnövekedést. A teljes időszak átlagában $0,48 \text{ km/nap}$ troposzférikus ülepedési sebesség adódott, amely érték közel van a korábbi, rövidebb időszakokra kapott értékhez [16]. A robbantásmentes időszakokban a sztratoszféra szolgáltatja a részecskék folyamatos utánpótlását a tropopauza szakadásain keresztül (jet-zóna) a troposzféra részére.

Az ülepedési sebesség és a tropopauza magasságának ismeretében számítható a troposzférikus tartózkodási idő (τ):

$$\tau = H/v$$

ahol H a tropopauza átlagos magassága km -ben, v az ülepedési sebesség km/nap -ban. A τ troposzférikus tartózkodási idő azt az időt jelenti, amely alatt a teljes troposzféra kiürülne, ha a sztratoszférából a radioaktív részecskék utánpótlása megszűnne, illetve nem történik újabb légköri robbantás. A 11. ábrán a számított tartózkodási időket adjuk meg, 10 km -es átlagos tropopauza-magasság feltételezésével. A teljes időszakra vonatkoztatva kereken 30 napos tartózkodási időt számítottunk ki. A kapott ülepedési sebesség és tartózkodási időértékek szintén alátámasztják a homogenizált adatsorok helyességét.

Az elvégzett vizsgálattal tehát elő tudtunk állítani a légköri mesterséges eredetű összbeta radioaktivitás elemeire közel húszéves homogén adatsort, amely jól leírja a mesterséges légköri radioaktivitás változásait.

A radioaktív anyagok légköri terjedése szempontjából igen fontos az ülepedési sebesség és a troposzférikus tartózkodási idő ismerete. Az elvégzett homogenizálás és számítás e paraméterekre és időbeli változásaikra is jó eredményeket szolgáltatott. Az egyszerű összbeta radioaktivitás-mérés meteorológiai szempontból is jól értékelhető és kezelhető adatokat szolgáltatott.

FORRÁSOK ÉS IRODALOM

- [1] Whitehouse W. J. – Putman L. L.: Radioaktív izotópok. Akadémiai Kiadó, Budapest 1955.
- [2] Róka O.: Országos „Frederic Joliot Curie” Sugáregészségügyi és Sugárbiológiai Intézet Budapest, 1974.
- [3] Lal D. – Peters B.: Cosmic ray produced radioactivity on the earth. Handbuch der Physik. Band 46/2. SPRINGER 1967.
- [4] Simon A.: A légkör természetes radioaktivitásának változásai. Beszámoló az 1967-ben végzett tudományos kutatásokról. OMI Hivatalos kiadványai XXXIV. k. 222 – 241.
- [5] Bhandari N. – Lal D. – Rama: Stratospheric circulation studies based on natural and artificial radioactive tracer elements. TELLUS 18, 391 – 405. 1966.
- [6] Flórián E.: A légköri radioaktivitás mérésének egyes eredményeiről. Időjárás, 62. évf. 5. 1958. 266 – 274.
- [7] Polgár E. – Simon A.: Utasítás a légköri radioaktivitás mérésére, valamint az eredő szélvektorok meghatározására. OMI 1965.
- [8] Arbeitstagung Radioaktivität der Luft und des Niederschlages im DDR vom 21. – bis 23. Mai 1959. Dresden. Protokoll.
- [9] Отчет о заседании рабочей группы по метеорологическим аспектам загрязнения атмосферы (РГМАЗА) 1970. Ленинград.
- [10] Suschny O.: The Measurement of Atmospheric Radioactivity Technical Note No. 94. WMO-No. 231. TP. 124 Geneve. 1968.
- [11] Hunter H. F. – Ballou N. E.: Nucleonics 9. C2 – C5 1951.
- [12] Simon A.: Die erreichbare minimale detektierbare wirkliche Aktivität bei den Gesamtbeta-Zähler. Előadás: Obnyinszk 1968, RGR-ülés.
- [13] Radioizotópok sugárzása elleni védelem MSZ 62 – 69. Magyar Népköztársaság Országos Szabvány W07/1970.
- [14] Messung der Radioaktivität der Luft. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik Wien – Hohe Warte 1958 – 1971.
- [15] Simon A.: A légkör mesterséges eredetű beta-radioaktivitása Budapesten 1961 – 65-ben. Időjárás, 70. évf. 5. 1966. 261 – 265.
- [16] Mészáros E. – Simon A.: A mesterséges eredetű radioaktív részecskék száraz és nedves kiullása a troposzférából. Időjárás, 71. évf. 2. 1967. 89 – 91.

A kén-dioxid abszorpciója és oxidációja felhő- és ködcsseppekben

VÁRHELYI GABRIELLA, Központi Légekfizikai Intézet, Budapest

Absorption and Oxidation of Sulfur Dioxide in Cloud and Fog droplets. In the cloud and rain droplets atmospheric sulfur dioxide is transformed to sulfate and it is removed in this form, generally as ammonium sulfate. The aim of this paper is to discuss the mechanism of the oxidation of atmospheric sulfur dioxide to sulfate in cloud and fog droplets in the presence of ammonia. A model is presented for calculating the sulfate content of the cloud and fog droplets exposed to different concentrations of sulfur dioxide and ammonia. By using the obtained values of sulfate content in the droplets, the oxidation rate of sulfur dioxide is determined.

*

Поглощение и окисление двуокиси серы в каплях облаков и туманов. В каплях облаков и дождя атмосферная двуокись серы трансформируется в сульфат и вымывается в этом виде, обычно связываясь с ионами аммония. В настоящей работе рассматривается этот механизм превращения двуокиси серы в сульфат, а также роль атмосферного аммония в этом процессе. Приводится вычислительная модель, по которой для конкретных концентраций двуокиси серы и аммония можно определить концентрацию сульфата в каплях облаков и туманов. С использованием полученных величин концентрации сульфата в каплях определяется скорость окисления двуокиси серы.

*

1. Bevezetés

A légköri kénkörforgalom két fő ellentétes irányú folyamata a kénvegyületek légkörbe jutása természetes, illetve antropogén emisszióval és kikerülése száraz vagy nedves depozícióval. A kén-dioxid légkörből való eltávolításában a csapadék hatása a legszámottevőbb. A kimosódási folyamat során a kén-dioxid jelentős része szulfáttá alakul, és ilyen formában kerül ki a légkörből.

A kén-dioxid csapadékvízben végbemenő oxidációjának mechanizmusával számos kutató foglalkozott. *Junge és Ryan* (1958) kimutatta, hogy ha csak kén-dioxid van jelen, az oxidációs sebesség túl kicsi ahhoz, hogy a csapadékvízben mért szulfát koncentrációk kialakulhassanak. Egyes fémionok (Fe, Mn) katalitikus hatását vizsgálva is azt kapták, hogy az oxidációs sebesség nem elegendően nagy. *Cadle és Robbins*, illetve *van den Heuvel és Mason* (1963) arra a következtetésre jutott, hogy a kén-dioxid – szulfát átalakulás kielégítően a légköri ammónia jelenlétével magyarázható. A $\text{SO}_2\text{-NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ rendszer viselkedését *Scott és Hobbs* (1967) vizsgálta elméleti úton. Számításainkat az ő eredményeik felhasználásával végeztük.

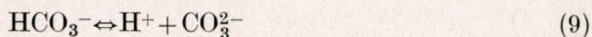
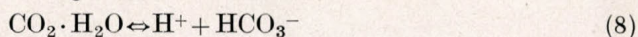
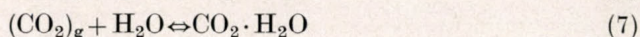
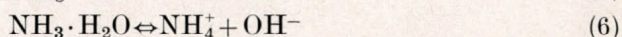
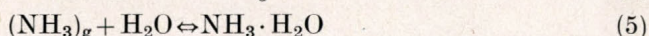
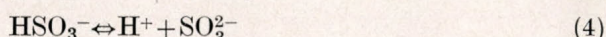
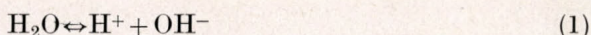
2. A kén-dioxid légkörből való kikerülésének mechanizmusa felhő- és ködcsseppekben ammónia jelenlétében

A légkörben jelenlevő kén-dioxid a felhő- és ködcsseppekben abszorbeálódik. Az abszorpció sebességét egyrészt a gáznak a cseppekhez való diffúziója, másrészt a cseppek felszínétől azok belseje felé történő diffúziója határozza meg. Az első szakaszban többek között a hőmérsékletnek jut nagy szerep. A következő lépés sebességét a cseppben lejátszódó kémiai reakciók befolyásolják. Itt van jelentősége a vízben rendkívül jól oldódó ammóniának is. Jelen mun-

kában a felhő- és ködcspepekben kén-dioxid és ammónia jelenlétében lejátszódó folyamatot a $\text{SO}_2\text{-NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ rendszerre felírható kémiai egyensúlyi egyenletek alapján tárgyaljuk, a kén-dioxidnak a cseppekhez való diffúzióját befolyásoló tényezőket figyelmen kívül hagyva. A felhő- és ködcspepek nagyságtartományában a kén-dioxid abszorpció a cseppmérettől gyakorlatilag függetlennek tekinthető.

2.1 A kén-dioxid szulfáttá alakulásának modellje $\text{SO}_2\text{-NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ rendszerben

A kérdés vizsgálatánál a következő kémiai egyensúlyi egyenleteket (Scott és Hobbs) vehetjük figyelembe:



A szulfát-ionok keletkezési sebességét az a lépés határozza meg, amelyben a szulfít ionok oxidálódnak. Feltételezve, hogy elegendő oxigén van jelen, a szulfátképződés sebességére a (10) egyenlet írható,

$$\frac{d[\text{SO}_4^{2-}]}{dt} = K[\text{SO}_3^{2-}] \quad (10)$$

ahol K egyensúlyi állandó értéke *van den Heuvel* és *Mason* laboratóriumi mérései szerint közelítőleg $0,1 \text{ min}^{-1}$.

(1)–(10) egyenletekből az egyensúlyi állandók figyelembevételével a $[\text{SO}_3^{2-}]$ szulfít-ion koncentráció kifejezhető a $[\text{H}^+]$ hidrogén-ion koncentráció és p_{SO_2} kén-dioxid parciális nyomás függvényében:

$$[\text{SO}_3^{2-}] = 9,84 \cdot 10^{-10} \frac{p_{\text{SO}_2}}{[\text{H}^+]} \quad (11)$$

A rendszerre felírható az elektroneutralitási egyenlet:

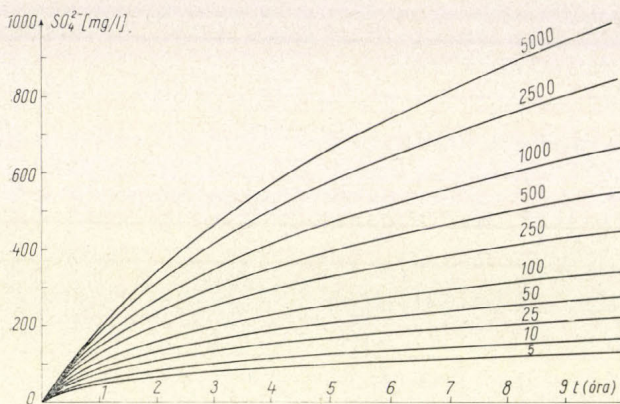
$$[\text{H}^+] + [\text{NH}_4^+] = [\text{OH}^-] + [\text{HSO}_3^-] + 2[\text{SO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-] + 2[\text{SO}_4^{2-}] \quad (12)$$

A rendelkezésre álló egyenletek alapján a SO_4^{2-} koncentrációra a következő összefüggés állapítható meg:

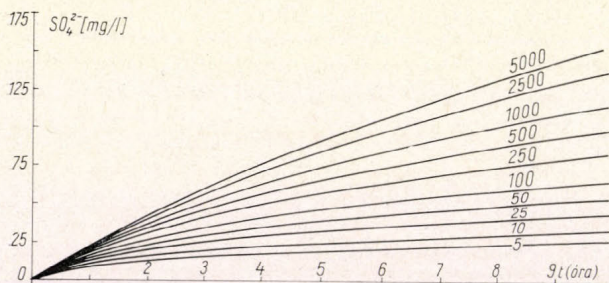
$$[\text{SO}_4^{2-}] = \frac{1}{2} \{ (1 + 10^{11} p_{\text{NH}_3}) [\text{H}^+] - (0,0158 p_{\text{SO}_2} + 3,1 \cdot 10^{-12}) [\text{H}^+]^{-1} - 1,96 \cdot 10^{-9} p_{\text{SO}_2} [\text{H}^+]^{-2} \} \quad (13)$$

A SO_4^{2-} képződés folyamata matematikailag kis időintervallumokra való bontással vizsgálható. Számításunkat a SO_4^{2-} keletkezésnek a cseppekben való megindulásakor kezdve, a H^+ koncentráció kezdeti értékét a (13) egyenlet alapján, a légköri SO_2 és NH_3 koncentráció adja. A SO_4^{2-} koncentrációt és időt a H^+

koncentrációnak mint paraméternek függvényében kifejezve, a (10), (11), (13) differenciálegyenlet – rendszert zárt formában oldottuk meg. A felhő- és ködcspepek várható SO_4^{2-} koncentrációját különböző légköri SO_2 és NH_3 koncentrációk esetére ($\text{SO}_2 = 5 - 5000 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $\text{NH}_3 = 1 - 1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$) Hewlett – Packard számítógép segítségével számítottuk ki és ábráztuk az idő függvényében. Néhány jellegzetes példát az 1., 2., 3., 4. ábrán mutatunk be.



1. ábra. Felhő- és ködcspepek SO_4^{2-} koncentrációjának változása a légköri SO_2 koncentrációval az idő függvényében ($\text{NH}_3 = 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$)



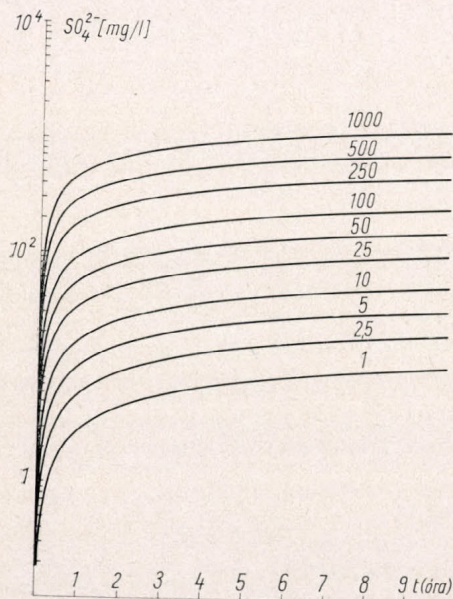
2. ábra. Felhő- és ködcspepek SO_4^{2-} koncentrációjának változása a légköri SO_2 koncentrációval az idő függvényében ($\text{NH}_3 = 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

Az 1. és 2. ábrán a SO_2 koncentráció változásának a csapadékvíz SO_4^{2-} koncentrációjára gyakorolt hatása figyelhető meg, állandó NH_3 koncentráció mellett. A 3. és 4. ábrán a csapadékvíz SO_4^{2-} koncentrációjának az NH_3 koncentrációval való változása látható. A görbéken feltüntetett értékek dimenziója $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Az 1. és 3. ábra városi körülmények között lehetséges eseteket mutat (az 1. ábrán $\text{NH}_3 = 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a 3. ábrán $\text{SO}_2 = 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$). A 2. és 4. ábra koncentrációértékei a közvetlen forrásoktól távolabbi területekre jellemzőek. Az ábrákon látható, hogy a SO_2 koncentráció növekedésével nő a csapadékvíz SO_4^{2-} koncentrációja, végül egyensúlyi állapot áll be, amely a légköri gázok koncentrációjától függ. Az 1., 2. és 3., 4. ábra összevetéséből megállapítható, hogy az NH_3 koncentráció rendkívül nagymértékben befolyásolja a SO_2 szulfáttá alakulását.

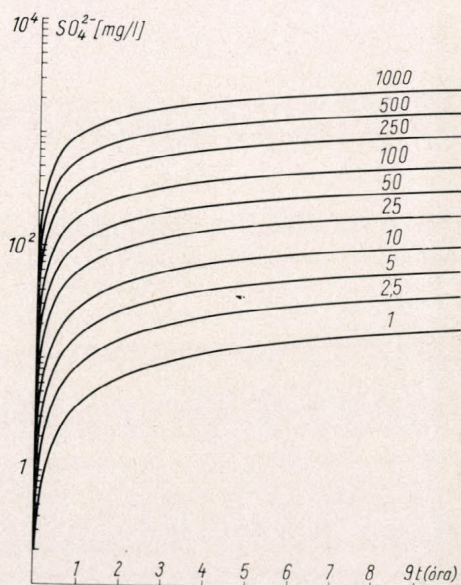
2.2 A kén-dioxid oxidációs sebessége felhő- és ködcspepekben

Adott légköri SO_2 koncentráció esetén keletkező SO_4^{2-} mennyiség ismeretében meghatározható a SO_2 oxidációs sebessége a felhő- és ködcspepekben. A várható SO_4^{2-} koncentrációt téli kisugárzási ködök esetére (közepes víztar-

talom $L = 0,062 \text{ ml/m}^3$ (ld. *Mészáros, 1965*) számítottuk ki, a Központi Légtér-
fizikai Intézet kertjében mért SO_2 és NH_3 téli félévi átlagos koncentrációértékek
felhasználásával ($\text{SO}_2 = 93,6 \text{ } \mu\text{g/m}^3$, $\text{NH}_3 = 40,8 \text{ } \mu\text{g/m}^3$). Az adott feltételek ese-
tén a felhő- és ködcseppekben kialakuló szulfát koncentrációkat az *I. táblázat*
mutatja. A táblázatban feltüntetett értékek jó egyezést mutatnak *Mrose (1966)*
Wahnsdorf-ban végzett köd-méréseinek eredményeivel.



3. ábra. Felhő- és ködcseppek SO_4^{2-} koncentrációjának változása a légköri NH_3 koncentrációval az idő függvényében ($\text{SO}_2 = 100 \text{ } \mu\text{g/m}^3$)



4. ábra. Felhő- és ködcseppek SO_4^{2-} koncentrációjának változása a légköri NH_3 koncentrációval az idő függvényében ($\text{SO}_2 = 10 \text{ } \mu\text{g/m}^3$)

I. TÁBLÁZAT

Felhő- és ködcseppek szulfáttartalma az idő függvényében

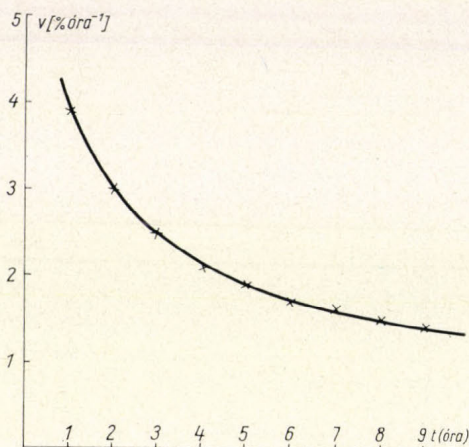
Idő [óra]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Felhő- és ködcseppek SO_4^{2-} koncentrációja [mg/l]	85	135	170	195	215	235	255	270	280	290

Állandó légköri SO_2 koncentrációt feltételezve, a SO_2 átalakulási sebességének a köd, illetve felhő időtartamától való függésére az *5. ábrán* látható görbét kapjuk. Számításaink szerint tehát a köd kialakulásától számított első órában a SO_2 átlagos oxidációs sebessége közel $4\%/óra$. Ez az érték a továbbiakban a telítődéssel párhuzamosan, fokozatosan csökken.

2.3 A felhő- és ködcseppek elpárolgása útján keletkező $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ részecskék mérete

Feltételezve, hogy a felhő- és ködcseppekben a kén-dioxid oxidációja útján keletkező szulfát mennyiség a cseppek elpárolgása után $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ részecskék formájában marad vissza, kiszámítható a képződő részecskék sugara, illetve

sugárnövekedése a kialakuláshoz rendelkezésre álló idő függvényében. A felhős és ködcspepek szulfát koncentrációját a cseppmérettől függetlennek vettük. A 2.2 pontban ismertetett feltételek esetén képződő $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ részecskék tömegét, sugarát és a sugárnövekedés arányát az idő függvényében a II. táblázatban foglaltuk össze.



5. ábra. A SO_2 átalakulási sebességének változása az idővel felhő- és ködcspepekben

II. TÁBLÁZAT

Az átlagos $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ tömeg és sugár növekedése kisugárzási ködben
($\text{SO}_2 = 93,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $\text{NH}_3 = 40,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

Az $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ részecskék	Expozíciós idő [óra]									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
tömege [$10^{-6} \mu\text{g}$]	0,38	0,58	0,72	0,83	0,93	1,00	1,08	1,17	1,20	1,23
átlagos sugara [μ]	0,37	0,43	0,46	0,48	0,50	0,51	0,52	0,53	0,54	0,55
sugárnövekedésének aránya	1,00	1,16	1,24	1,30	1,35	1,39	1,42	1,44	1,46	1,48

Az elméleti úton meghatározott $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ részecske-sugaraknak a mérési eredményekkel való jó egyezése igazolja a feltevés helyességét, hogy az $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ részecskék keletkezésének egyik módja a légköri SO_2 oxidációja felhő- és ködcspepekben, ammónia jelenlétében. A méreteloszlást is figyelembe véve, eltérés mutatkozik a mért és számított értékek között, a számított részecskesugár-tartomány ($0,3 - 0,6 \mu$) csak egy részét fedi le a mért (Mészáros, 1971) érték-köznek ($< 0,1 - 3 \mu$). Ez azt jelenti, hogy a légköri szulfát részecskéknek az ismertetett mechanizmuson kívül egyéb képződési módjai is vannak.

3. Összefoglalás. A további kutatások iránya

Jelen kutatás a légköri kénmérleg vizsgálatának részét képezi. A légköri kén-dioxid felhő- és ködcspepekben való abszorpciójának és oxidációjának vizsgálatával betekintést nyertünk a kimosódási folyamat felhőkben végbe-

menő ún. *rain out* szakaszába. A továbbiakban a *wash out*-ra (esőcseppek általi kimosódás) végzendő számításokkal együtt modell kidolgozását tervezzük, amely felhasználásával adott légköri kén-dioxid és ammónia koncentráció esetére becsülhető a légkörből csapadékvízzel eltávolított kénvegyületek mennyisége.

*

A szerző köszönetét fejezi ki *Grósz Tamás* tudományos segédmunkatársnak a számítógépes program kidolgozásáért.

IRODALOM

- Junge, C. and Ryan, T. G.* 1958: Study of the SO_2 oxidation in solution and its role in atmospheric chemistry *Quart. J. R. Meteor. Soc.*, 84, 46–55.
- Mészáros, Á.* 1965: Concentration et distribution dimensionnelle des gouttelettes de brouillards atmosphériques *J. R. Atm.*, 2, 53–64.
- Mészáros, E.* 1971: The size distribution of water soluble particles in the atmosphere *Időjárás*, 75, 308–314.
- Mrose, H.* 1966: Measurements of pH, and chemical analyses of rain-, snow-, and fog-water *Tellus*, 18, 266–270.
- Scott, W. D. and Hobbs, P. V.* 1967: The formation of sulfate in water droplets *J. Atm. Sci.*, 24, 54–57.
- van den Heuvel, A. P. and Mason, B. J.* 1963: The formation of ammonium sulfate in water droplets exposed to gaseous sulphur dioxide and ammonia *Quart. J. R. Meteor. Soc.*, 89, 271–275.
-

Egy kombinált regressziós becslésről

FARAGÓ TIBOR, Központi Meteorológiai Intézet, Budapest

A Combined Regression Process. In this study a possible generalization of the ordinary linear regression model is examined following Ter-Mkrtsan but by the means of theory of probability expecting a major decrease in the error of regression approach. This method has the advantage that to some extent variables other than those of the linear regression can also be taken into consideration in a simpler, even is not in a linear, form. The essence of the process is that the observations are grouped into classes by using the other variables mentioned above, then the linear regression is calculated inside these classes. This method does never result in greater error than the ordinary linear regression. The explicit form of the difference between the two errors is also given. At last the applicability of the method is illustrated by a simple numerical example.

*

Комбинированный регрессионный метод. Следуя способу Тер-Мкртчана, но с использованием средств теории вероятностей, автор рассматривает возможное обобщение обыкновенной линейной регрессионной модели в надежде значительно снизить погрешность регрессионного приближения. Преимуществом этого метода является возможность учета, кроме переменных, включаемых в линейную регрессию, также других переменных в простой, но не линейной форме. Сущность метода заключается в том, что, с использованием упомянутой выше дополнительной информации, наблюдения подразделяются на категории и линейная регрессия подсчитывается по этим категориям. Этот метод никогда не приводит к большему по величине погрешностям по сравнению с обыкновенной линейной регрессией. Приводится явная форма разности двух указанных погрешностей. В заключение применимость метода иллюстрируется на простом численном примере.

*

A meteorológiai vizsgálatok módszertanában az utóbbi időszak egyik jellegzetes vonása a fejlettebb statisztikai módszerek alkalmazása. Ezek sorában kiemelkedő szerepet foglalnak el az újabban alkalmazott összetettebb korreláció- és regresszióanalízisbeli eljárások [1] [2] [3] [4]. Elsősorban szovjet, de más kutatók vizsgálataiban is már a tipikus feladatok közé sorolható a különféle légköri állapotjelzők és más paraméterek mezőiből származtatható regressziós egyenletek felállítása és ezáltal – többek között – a legkisebb négyzetes eltérést (varianciát) adó numerikus prognosztikai modellek kidolgozása [5] [6].

Az ilyen jellegű feladatok megoldásának alábbi három stádiumát különíthetjük el: *a)* a megfelelő állapotjelzők kiválasztása, *b)* azok kódolása és végül *c)* a statisztikus extrapolációs egyenlet levezetése. A konkrét meteorológiai alkalmazásokban a *feladatok bonyolultságának* következtében a kutatók gyakran rutinszerűen csak a lehetséges kódolások és módszerek szűk körére támaszkodnak, és a légkörre vonatkozó elméleti ismereteik hasznosítását jobbra csak a vizsgálatokba bevonni kívánt állapotjelzők kiválasztására korlátozzák. Éppen ezért kell megkísérelni az olyan statisztikai jellegű módszerek tanulmányozását, kidolgozását és alkalmazását, amelyek szervezesebben kapcsolódnak a konkrét feladatokhoz minél több meteorológiai elméleti és gyakorlati információ felhasználásával.

Az alábbiakban egy *kombinált* regressziós eljárás példáján kívánjuk illusztrálni a fenti elvet. Ennek lényege a következő.

A közönséges vagy lineáris regressziós modellben az összes kiindulási paraméter (a továbbiakban prediktor) olyan optimális lineáris kombinációját keres-

sük, amelynek az átlagos négyzetes eltérése a becült változótól (a továbbiakban prediktandustól) minimális. Ez a jól ismert módszer tehát – az egyszerűség kedvéért – egyformán lineáris tagként kezeli az összes prediktort azok konkrét tartalmától függetlenül. A regressziós modell keretein belül maradván ezt a megközelítést többféleképpen oldhatjuk fel: vagy speciális transzformációk alkalmazásával, vagy polinomiális regresszióval, vagy pedig az alábbiakban is vizsgált kombinált regressziós eljárással. A kínálkozó lehetőségek közül ez az utóbbi tűnik a legkönnyebben kivitelezhetőnek mind számítástechnikáját, mind pedig statisztikai megbízhatóságát illetően. Ebben a modellben a korábbi teljes lineáritást a lokálisan lineáris becslési forma váltja fel, amikor is a lineáris részekre való felbontást többek között meteorológiai megfontolások alapján tűzhetjük ki. Más szóval gyakorlatilag, akár újabb prediktorok bevonásával különböző osztályokba soroljuk a mintákat, majd az egyes osztályokra külön-külön végezzük el a lineáris regressziót. Az így kapott eredmény, mint azt a továbbiakban kimutatjuk, általában kisebb négyzetes hibát ad, mint a közönséges regresszió.

Az egyszerűség kedvéért mind a ξ prediktor, mind az η prediktandus legyen egydimenziós valószínűségi változó. A megfelelő valószínűségi mezőt [9] jelölje $\{\Omega, \mathbf{A}, P\}$, ahol Ω az elemi események tere, \mathbf{A} a mérhető események σ -algebrája, P pedig valószínűségi mérték. Ismeretes, hogy a közönséges regressziós modellben [9] [10] [12] η -ra olyan $\hat{\eta} = A\xi + B$ alakú becslést keresünk, amelyre – feltéve, hogy ξ és η véges szórású – a négyzetes hiba

$$\Delta(\eta, \hat{\eta}) = M(\eta - [A\xi + B])^2 \quad (1)$$

értéke minimális. (Itt M a várható érték jele.)

Ter-Mkrtcsan [7] nyomán ezt az eljárást a következőképpen általánosíthatjuk. Legyen $\{\Omega_n\}_{n=1}^N$ az elemi események terének valamilyen mérhető felbontása, azaz

$$\Omega_n \in \mathbf{A}, \bigcup_{n=1}^N \Omega_n = \Omega \quad (2)$$

$$\Omega_m, \Omega_n \text{ diszjunktak, } m, n = 1, 2, \dots, N, m \neq n,$$

és a fenti lineáris becslés helyett vezessük be az

$$\hat{\eta}_N = \sum_{n=1}^N \chi_{\Omega_n} (A_n \xi + B_n) \quad (3)$$

becslést, ahol χ_{Ω_n} az Ω_n esemény indikátorfüggvénye (vagyis Ω_n bekövetkezése esetén értéke 1, máskülönben pedig 0), A_n és B_n pedig konstansok. Ennek megfelelően a négyzetes hiba [9]

$$\begin{aligned} \Delta(\eta, \hat{\eta}_N) &= M\left(\eta - \sum_{n=1}^N \chi_{\Omega_n} (A_n \xi + B_n)\right)^2 = \\ &= \sum_{m=1}^N M\left\{\left(\eta - \sum_{n=1}^N \chi_{\Omega_n} (A_n \xi + B_n)\right)^2 \mid \Omega_m\right\} P\{\Omega_m\} = \\ &= \sum_{m=1}^N M\left\{\left(\eta - (A_m \xi + B_m)\right)^2 \mid \Omega_m\right\} P\{\Omega_m\} = \min! \end{aligned} \quad (4)$$

$A_1, B_1, \dots, A_N, B_N$

Láthatóan a minimumfeladat a következő N minimumfeladattal ekvivalens

$$M\left\{\left(\eta - (A_m \xi + B_m)\right)^2 \mid \Omega_m\right\} = \min, \quad m = 1, 2, \dots, N. \quad (5)$$

A_m, B_m

E feladatok megoldása jól ismert, hiszen itt lényegében N közönséges lineáris regressziós feladatról van szó valamilyen feltételes valószínűségi mezőn [9]. Az m -ik feladat megoldását az

$$A_m^* = \frac{\sigma_{\eta,m}}{\sigma_{\xi,m}} R_m \quad , \quad B_m^* = (M_{\eta,m} - A_m^* M_{\xi,m}) \quad (6)$$

együtthatók szolgáltatják [9], [12], ahol $M_{\xi,m}$, $M_{\eta,m}$, $\sigma_{\xi,m}$, $\sigma_{\eta,m}$ és R_m a megfelelő feltételes várható értékek és szórások, illetve a ξ és η közötti feltételes korreláció az Ω_m feltétel (azaz az Ω_m esemény bekövetkezése) mellett. A négyzetes hiba ekkor

$$\Delta_m^* = M\{(\eta - (A_m^* \xi + B_m^*))^2 \mid \Omega_m\} = \sigma_{\eta,m}^2(1 - R_m^2) \quad (7)$$

Tehát a kiindulási (4) feladat megoldása az

$$\eta_N^* = \sum_{m=1}^N \chi_{\Omega_m} (A_m^* \xi + B_m^*) = \sum_{m=1}^N \chi_{\Omega_m} \left(\frac{\sigma_{\eta,m}}{\sigma_{\xi,m}} R_m \xi + M_{\eta,m} - \frac{\sigma_{\xi,m}}{\sigma_{\xi,m}} R_m M_{\xi,m} \right) \quad (8)$$

kifejezés, melyre a négyzetes hiba a minimális

$$\Delta^*(\eta, \eta_N) = \sum_{m=1}^N \sigma_{\eta,m}^2 (1 - R_m^2) P\{\Omega_m\} = \sigma_{\eta}^2 - \sum_{m=1}^N \sigma_{\eta,m}^2 R_m^2 P\{\Omega_m\} \quad (9)$$

értékét veszi fel. Itt σ_{η}^2 a prediktandus szórásnégyzetét jelöli.

Egyszerűen belátható, hogy az így kapott (9) hiba sohasem nagyobb mint az közönséges regressziós modell (1)

$$\Delta(\eta, \eta^*) = M(\eta - A^* \xi - B^*)^2 = \sigma_{\eta}^2(1 - R^2) \quad (10)$$

minimális hibája, ahol R a ξ és η valószínűségi változók (feltétel nélküli) korrelációja. Definíciószerűen ugyanis az A_m^* , B_m^* együtthatópár az (5) szélsőérték-feladat megoldása az m indexre, következésképpen bármilyen más együtthatópárra, speciálisan az A^* , B^* párra is az (5) feltételes hibanégyzet értéke nagyobb (7)-nél

$$\Delta_m^* \leq M\{(\tilde{\eta} - [A^* \xi + B^*])^2 \mid \Omega_m\} \quad , m = 1, 2, \dots, N.$$

Tehát valóban (4)-ből és (7)-ből

$$\Delta^*(\eta, \eta_N^*) = \sum_{m=1}^N \Delta_m^* P\{\Omega_m\} \leq \sum_{m=1}^N M\{(\eta - [A^* \xi + B^*])^2 \mid \Omega_m\} P\{\Omega_m\} = M(\eta - [A^* \xi + B^*])^2 = \Delta(\eta, \eta^*). \quad (11)$$

Pontosabb számolással az is kimutatható, hogy

$$M\{(\eta - [A^* \xi + B^*])^2 \mid \Omega_m\} \equiv M\{([\eta - M_{\eta}] - A^*[\xi - M_{\xi}])^2 \mid \Omega_m\} = M\{([\eta - M_{\eta,m}] - A_m^*[\xi - M_{\xi,m}])^2 \mid \Omega_m\} - 2M\{([\eta - M_{\eta,m}] - A_m^*[\xi - M_{\xi,m}])[A_m^*(\xi - M_{\xi,m}) - A^*(\xi - M_{\xi}) + (M_{\eta,m} - M_{\eta})] \mid \Omega_m\} + M\{[A_m^*(\xi - M_{\xi,m}) - A^*(\xi - M_{\xi}) + (M_{\eta,m} - M_{\eta})]^2 \mid \Omega_m\}. \quad (12)$$

Itt a középső tagról egyszerűen igazolható, hogy nulla értékű, másrészt pedig (6) és (7)-ből

$$\begin{aligned} & \sum_{m=1}^N M\{([\eta - M_{\eta,m}] - A_m^*[\xi - M_{\xi,m}])^2 \mid \Omega_m\} P\{\Omega_m\} = \\ & = \sum_{m=1}^N \Delta_m^* P\{\Omega_m\} = \Delta^*(\eta, \eta_N^*). \end{aligned}$$

Tehát (12) alapján

$$\begin{aligned} \Delta^*(\eta, \eta^*) - \Delta^*(\eta, \eta^*_N) = \\ = \sum_{m=1}^N M \{ [A^*_{\eta, m}(\xi - M_{\xi, m}) - A^*(\xi - M_{\xi}) + (M_{\eta, m} - M_{\eta})]^2 | \Omega_m \} \geq 0. \end{aligned} \quad (13)$$

Levonható így az a következtetés, hogy a fent bevezetett kombinált regressziós közelítés sohasem ad rosszabb eredményt, mint a közönséges regresszió.

Természetszerűleg vetődik fel az $\{\Omega_m\}_{m=1}^N$ partíció optimális megválasztásának kérdése is. Legjobb lenne persze a

$$D(\Omega_1, \Omega_2, \dots, \Omega_N) = \sum_{m=1}^N \Delta^*_{\eta, m} P\{\Omega_m\} = \min! \quad (14)$$

$$\{\Omega_m\}_{m=1}^N$$

minimumfeladat megoldását megadni rögzített N esetén.

Egyszerűbb esetekben valóban remélhető a (14) feladat optimális analitikus megoldása, feltéve például *Ter-Mkrtcsan* idézett cikke nyomán a (ξ, η) pár együttes normalitását. Ekkor egy egyszerű – a sűrűségfüggvényekre támaszkodó – diszkriminancia-kritérium segítségével explicit formában megadható az optimális $\{\Omega_1, \Omega_2\}$ partíció definíciója az $N=2$ esetben. Általában véve azonban a bonyolult (13) kifejezést kellene maximalizálnunk, de erre nézve legálábbis egyelőre nem ismeretes semmiféle hatékony algoritmus. Ezért a megközelítően jó megoldást vagy clusteranalízisbeli módszerektől várhatjuk, vagy pedig – mint a bevezetőben is említettük – a feladathoz igazodó konkrét fizikai-meteorológiai információk alkalmazásától.

Az alábbi illusztrációban ξ legyen a budapesti középhőmérséklet egy valamilyen januári napon, η pedig a rákövetkező napi érték. Vizsgálatainkat az 1921-től 1956-ig terjedő időszakra végezzük el, úgy, hogy – az adatszaporítás érdekében – a ξ -nek megfelelő mintasorozatot az adott időszak január 1-ei, illetve január 15-ei képezik. (Bizonyos függetlenségi vizsgálatok alapján feltételezhető, hogy ez a kéthetes lépés megfelelően független, de azért még homogen mintákat eredményez.) Tehát a teljes mintasor a (ξ, η) párra összesen 72 – feltételezhetően – független megfigyelést tartalmaz.

Mindenekelőtt számítsuk ki ebben a feladatban a közönséges regressziós modell (10) hibanégyzetét:

$$\Delta(\eta, \eta^*) = \sigma_{\eta}^2(1 - R^2) \approx 3,916^2(1 - 0,844^2) = 4,415. \quad (15)$$

Áttérve most a kombinált regressziós eljárásra (2)-típusú particionálásként vonjunk be a modellbe egy az adott prediktandus szempontjából globálisabb jellegű prediktort, nevezetesen a közép-európai – Magyarország-orientált – szinoptikai körzet általános nyomás és cirkulációs viszonyait tömören kifejező *Péczeley*-féle [8] makroszinoptikus kódokat. Pontosabban szólva irányítottságuk szerint e kódokat előzetesen öt osztályba sorolva, az Ω_m eseményeknek feleljenek meg a következők:

- a) D – déli irányítottságúak,
- b) N – nyugati irányítottságúak,
- c) K – keleti irányítottságúak,
- d) É – északi irányítottságúak,
- e) Q – centrum helyzetűek.

A csoportosítás elvégzése után az egyes osztályok rendre $N_D=28$, $N_N=22$, $N_K=13$, illetve a fennmaradó két osztály mindössze csak 9 elemet tartalmaz. Ezért a d) és az e) osztályt összevonjuk egy közös ÉQ-osztályba, $N_{EQ}=9$. A részletes felosztást a megfelelő hőmérsékletpárokkal az *I. táblázat* mutatja be.

I. TÁBLÁZAT

A felhasznált hőmérsékleti adatsor makroszintoptikus irányítottság szerinti osztálybesorolása

D				N				K			
Dátum	ξ	Kód	η (másnap)	Dátum	ξ	Kód	η (másnap)	Dátum	ξ	Kód	η (másnap)
1921. 1. 1.	10,7	mCw	9,3	1922. 1. 1.	4,2	Aw	5,8	1928. 1. 1.	-5,0	An	-6,6
1923. 1. 1.	5,5	CMw	5,3	1925. 1. 1.	-0,5	As	0,1	1932. 1. 1.	-0,9	An	-2,1
1929. 1. 1.	9,0	mCw	0,1	1926. 1. 1.	8,2	As	2,5	1934. 1. 1.	2,5	An	0,6
1930. 1. 1.	1,4	Ae	-1,2	1927. 1. 1.	5,2	Aw	5,7	1938. 1. 1.	-4,0	An	-5,3
1931. 1. 1.	0,3	mCw	2,2	1942. 1. 1.	-5,5	Aw	-4,4	1940. 1. 1.	-4,6	AF	-7,0
1933. 1. 1.	-0,4	Ae	-1,8	1943. 1. 1.	-4,5	zC	-3,9	1946. 1. 1.	-0,5	AF	-2,3
1935. 1. 1.	0,1	Ae	0,9	1944. 1. 1.	-1,0	Aw	2,5	1950. 1. 1.	-2,5	An	-2,9
1936. 1. 1.	3,3	Ae	3,6	1948. 1. 1.	-1,7	Aw	-3,1	1954. 1. 1.	-8,0	An	-9,1
1939. 1. 1.	-2,9	mCw	-6,3	1952. 1. 1.	1,7	zC	4,1	1955. 1. 1.	-2,1	An	-2,3
1941. 1. 1.	3,5	mCw	-1,6	1956. 1. 1.	3,2	zC	0,5	1935. 1. 15.	-2,5	An	-2,2
1947. 1. 1.	-2,0	Ae	-1,6	1923. 1. 15.	0,5	Aw	0,6	1942. 1. 15.	-9,7	An	-10,2
1949. 1. 1.	1,8	mCw	2,3	1928. 1. 15.	0,4	zC	0,3	1946. 1. 15.	-1,5	An	-3,5
1951. 1. 1.	-0,4	mCw	1,7	1931. 1. 15.	-1,2	Aw	-0,1	1953. 1. 15.	-1,8	An	-3,3
1953. 1. 1.	5,6	CMw	5,0	1938. 1. 15.	3,1	As	4,3				
1921. 1. 15.	5,8	CMw	2,7	1939. 1. 15.	2,5	As	3,2				
1922. 1. 15.	-3,9	Ae	-3,4	1944. 1. 15.	2,6	Aw	-1,4				
1924. 1. 15.	-5,8	Ae	-5,0	1947. 1. 15.	1,2	Aw	1,3				
1926. 1. 15.	2,0	CMw	-1,7	1948. 1. 15.	4,7	zC	3,5				
1927. 1. 15.	5,1	mCw	5,1	1949. 1. 15.	2,6	Aw	0,6				
1929. 1. 15.	-7,1	CMw	-5,6	1950. 1. 15.	3,0	Aw	4,9				
1930. 1. 15.	0,5	Ae	0,9	1951. 1. 15.	4,7	Aw	3,5				
1932. 1. 15.	-3,5	Ae	-2,7	1956. 1. 15.	3,9	As	6,8				
1933. 1. 15.	-3,0	Ae	-1,9								
1934. 1. 15.	-2,3	mCw	-0,3								
1937. 1. 15.	-5,7	Ae	-6,7								
1941. 1. 15.	-6,6	CMw	-3,2								
1943. 1. 15.	-1,6	CMw	0,6								
1955. 1. 15.	-3,3	mCw	2,1								

ÉQ			
Dátum	ξ	Kód	η (másnap)
1924. 1. 1.	-7,4	A	-7,6
1937. 1. 1.	-2,4	A	-1,5
1945. 1. 1.	-1,7	CMc	-2,9
1925. 1. 15.	-1,6	A	-1,3
1936. 1. 15.	1,1	A	-1,0
1940. 1. 15.	-7,0	A	-4,1
1945. 1. 15.	-3,3	A	-3,1
1952. 1. 15.	3,0	A	2,7
1955. 1. 15.	1,1	mCc	0,8

Az egyes osztályokra vonatkozó hibanégyzetek (7) alapján:

$$\Delta_D^* = 3,740^2(1 - 0,851^2) = 3,860$$

$$\Delta_N^* = 3,050^2(1 - 0,757^2) = 3,971$$

$$\Delta_K^* = 2,991^2(1 - 0,753^2) = 3,873$$

$$\Delta_{EQ}^* = 2,778^2(1 - 0,924^2) = 1,134.$$

(A [13]-ban végzett vizsgálatok nyomán feltételezhető a kérdéses valószínűségi változók normalitása, tehát többek között a fenti korrelációk szórására megközelítőleg igaz a

$$D(R_m) \approx \frac{1 - R_m^2}{\sqrt{N_m}}$$

kifejezés [11]. Ezt analizálva mind az öt fenti esetben e szórás elég kicsi értéket vesz fel – még a keleti irányítottságúak osztályában felvett maximális értéke sem haladja meg a 0,12 értéket, ami a normalitás figyelembevételével a becslések kielégítően szignifikáns voltát tanúsítja.)

Összegezve a fenti számításokat a kombinált regressziós becslés teljes empirikus négyzetes hibája (9) szerint:

$$\Delta^*(\eta, \eta^*) \approx \Delta_D \frac{N_D}{72} + \Delta_N^* \frac{N_N}{72} + \Delta_K^* \frac{N_K}{72} + \Delta_{EQ}^* \frac{N_{EQ}}{72} \approx 3,554, \quad (16)$$

amit láthatóan jelentős mértékben meghalad a közönséges regresszió (15) alatti hibája.

Normalitást feltételezve 80%-os megbízhatósági szinten

$$P\{|\eta - \eta^*| < \varepsilon(\eta^*)\} \cong 0,8 \quad , \quad P\{|\eta - \eta_N^*| < \varepsilon(\eta_N^*)\} \cong 0,8$$

a megfelelő küszöbértékek $\varepsilon(\eta^*) = 2,7$, $\varepsilon(\eta_N^*) = 2,4$. (Itt felhasználtuk (15) ill. (16)-ból az $(\eta - \eta^*)$ ill. $(\eta - \eta_N^*)$ eltérések becsült szórását.) Vagyis míg a közönséges modellben 80%-os szinten $2 \times 2,7 = 5,4$ C°-os konfidenciaintervallum szükséges, addig már négy empirikusan választott osztály esetén is ez a terjedelem $2 \times 2,4 = 4,8$ C°-ra csökken.

Végül két megjegyzést teszünk.

Első pillantásra azt hihetnők, hogy minél több osztályt választva (azaz N növelésével) a kombinált módszer hibája végsősoron tetszőlegesen kicsivé tehető. Ez az eljárás többek között azért nem célravezető, mert az egyes osztályokon belül – az osztályokba jutó átlagos elemszám rohamos csökkenése miatt – a szükséges statisztikai paraméterek már nem feltétlenül becsülhetők szignifikánsan.

A módszer gyakorlati alkalmazása, mint azt a bevezetőben is említettük, természetesen nem a fenti jellegű, hanem a *globálisabb, nagyobb időléptékű feladatokban* bizonyulhat hasznosnak.

Napjainkban már nem egy havi és évszakos távlatú regressziós experimentációs és prognosztikai modell létezik. Az elért eredmények azonban a globális jellegű prediktorok (fél-hemiszférikus nyomás és hőmérsékleti mezők, az óceán felszíni hőmérsékleti mezeje) és az alkalmazott optimális kódolások (legelterjedtebben a természetes ortogonális sorfejtés első együtthatóival) ellenére is csak közepes szintűek. Ezért is látszik fontos és reménykeltő feladatnak többek között például *Dujceva* és *Pegy* [5] havi hőmérsékleti anomáliákat prognosztizáló többparaméteres lineáris regressziós vizsgálatának kiterjesztése a fenti kombinált regressziós eljárással. Az ilyen és hasonló feladatok végrehajtásában a fenti – meteorológiai megfontolások alapján választott osztályokra támaszkodó – kombinált eljárás viszonylagosan csekély számítás-többlet árán a regressziós experimentációs vagy prognosztikai modell megbízhatóságának jelentős növekedését eredményezheti.

IRODALOM

- [1] *Jugyin, M. I.*: Fiziko-sztatiszticeszkije metodi prognozov pogodi i vozmoznosztyi ih vnyedrenyija, *Meteorológia i Gidrológia*, 11, 1967.
- [2] *Bagrov, N. A.*: O nyekotorih oszobennosztyah korrelacionno analiza i ih primenyenyija k prognozom pogodi, *Meteorologia i Gidrológia*, 1, 1968.
- [3] *Gangyin, L. Sz.*: O primenyenyii metoda kanonyiceszkkih korrelacij v meteorologii, Leningrad, *Tr. GGO*, 208, 1967.
- [4] *Glahn, H.*: Canonical correlation and its relationship to discriminant analysis and multiple regression, *J. Atmos. Sci.*, Vol. 25, 1., 1968.
- [5] *Dujceva M. A., Pegy D. A.*: O mnogoparametriczeszkjoj szheme prognoza anomalii szredneyej meszjacnoj tyemperaturi vozduha, Moszkva, *Tr. GMC*, 64, 1970.
- [6] *Bagrov N. A., Mjakiseva N. N.*: Prognoz tyemperaturi na meszjac, Moszkva, *Tr. GMC*, 44, 1969.
- [7] *Ter-Mkrtcsan, M. G.*: O primenyenyii diszkriminantno analiza dlja ulucsenyija sztatyiszticeszkkih prognozov po metody mnozsosztvennoj regresszii, Moszkva, *Tr. GMC*, 64, 1970.
- [8] *Péczely Gy.*: Grosswetterlagen in Ungarn, Budapest, *Az OMSZ Kisebb Kiadványai*, 30, 1957.
- [9] *Rényi A.*: Valószínűségszámítás, Budapest, Tankönyvkiadó, 1970.
- [10] *Vincze I.*: Matematikai statisztika, Budapest, Tankönyvkiadó, 1973.
- [11] *Yule G. U., Kendall M. G.*: Bevezetés a statisztika elméletébe, Budapest, Közg. és Jogi Könyvk., 1964.
- [12] *Faragó T., Gulyás O.*: A regresszió típusú extrapoláció, Budapest, *Meteorológiai Tanulmányok*, No. 2., OMSZ, 1974.
- [13] *Faragó T., Gulyás O.*: A valószínűségi sűrűségfüggvény becslése és illesztése, Budapest, *Meteorológiai Tanulmányok*, No. 3., OMSZ, 1974.

BÉLL BÉLA – TAKÁCS LAJOS (szerk.): *A Balaton éghajlata. A Balaton térségének éghajlati jellegzetességei, hő- és vízháztartása, bioklimája.* OMSZ Hiv. Kiadv. XL. kötet, Budapest, 1974. 316 oldal, 148 ábra, 133 táblázat, 16 fénykép-melléklet.

A tudomány fejlődésének és a kutatási eredmények alkalmazásának, gyakorlati felhasználásának igényei feltétlenül szükségessé teszik, hogy egy-egy fontosabb kutatási program anyaga és következtetései ne csupán szűk közönséghez szóló és gyakran aprólékos részletkérdésekkel foglalkozó rövid közleményekben, folyóirat-cikkekben lássanak napvilágot, hanem a munka a lényeges eredményeket a maguk teljességében összefoglaló monografikus mű közreadásával záruljon. Ez persze nehéz, sokszor háládatlannak látszó szerkesztőmunkát kíván; de hogy megéri a fáradságot, kitűnően mutatja az OMSZ hivatalos kiadványainak legújabb, a Balaton éghajlatával foglalkozó kötete, amely az 50-es évek végén megkezdett balatoni meteorológiai kutatások eredményeit ötvözi minőségileg újat jelentő egységbe. A kötet bőven tartalmaz eddig nem publikált tudományos anyagot is, de a rövid tanulmányokban már közölt eredmények az egész mű keretébe illesztve szintén az újdonság erejével hatnak. A mű megjelenésével első ízben rajzolódik ki a maga teljességében az a nagyszabású, módszeres mérési és adatfeldolgozó munka, melyet a meteorológiai szolgálat kutatói az elmúlt évtizedekben a „magyar tenger” éghajlatának tanulmányozására végeztek, s amely egy fontos szakterületen korszerű, méltó folytatását jelenti a múlt század végén Lóczy Lajos által kezdeményezett Balaton-kutatásoknak. A Balaton éghajlata c. kötet közreadása révén értékes művel gazdagodott meteorológiai szakirodalmunk, hosszú időre nélkülözhetetlen forrásmunka került a tudományos ismeretterjesztésben, az oktatásban, a tervezésben, a vízgazdálkodásban és az idegenforgalomban tevékenykedő szakemberek kezébe. Végül, de nem utolsósorban: az átfogó szintézis szilárd alapot teremt, s egyúttal ösztönzést is ad a további kutatásokhoz.

A kötet öt nagy fejezete közül az első és legerjedelmesebb „Az éghajlati elemek a Balaton térségében” címet viseli, s a Balaton-vidék minden eddiginél jóval részletesebb, hosszú észlelési sorozatok sokoldalú feldolgozásán alapuló éghajlatrajzát adja. Az egyes éghajlati elemek jellemzése a lehető legnagyobb területi részletességgel, s általában nemcsak a középértékek, hanem a sokrétűbben felhasználható gyakorlati értékek, eloszlásfüggvények megadásával történik. A szerzők nagy súlyt helyeznek arra, hogy a Balatonnak a környék időjárásában és helyi éghajlatában megnyilvánuló hatásait kimutassák és mennyiségileg jellemezzék. A fejezet egyes részeinek – különösen a szélviszonyok igen alapos tárgyalásának – kapcsán az olvasó a légkörkutatás módszertani kérdéseibe is értékes bepillantást nyer. A szűkebb értelemben vett éghajlati elemeken túl a fejezet a vízhőmérséklet és a jégviszonyok gyakorlati szempontból igen lényeges kérdéskörével is behatóan foglalkozik.

A második fejezet a Tihanyi-félszigeten, a Koloska-völgyben, a Badacsonyan és Hévízen végzett fáradságos terepklimatológiai mérések eredményeit ismerteti, a Balaton térségében észlelhető helyi éghajlati sajátosságokat mutatja be. Az átgondoltan tervezett vizsgálatokra bizonyos szempontból tipikusnak tekinthető mintaterületeken került sor. Így a látszólag egyedi mikroklíma-jellemzések sok, nagymértékben általánosítható tapasztalattal, tanulsággal szolgálnak, amelyek a jövőben akár nagyobb léptékű, speciális igényeket kielégítő térképezés alapját is képezhetik.

A harmadik fejezet a Balatonnak és környékének hő- és vízháztartását tárgyalja, s ezzel az éghajlati jelenségek fizikai alapjait tárja fel. Ha pusztán a szaktudomány belső logikáját nézzük, akkor – úgy tűnik – ez a fejezet kívánkozna a kötet élére; az éghajlatrajz bizonyára azért előzte meg, mert gazdag információ-tartalma és adatközlése révén az egész kötet anyagából a legszélesebb körű érdeklődésre tarthat számot. A szárazföld és a tófelszín közötti energiaforgalmi eltérések tanulmányozása viszont kutatómódszertani szempontból érdemel különleges figyelmet; az energiaháztartási alapegyenlet összetevőinek meghatározásához hosszú sorozatú klimatológiai anyag, helyszíni mérések, megfelelően választott empirikus és félempirikus összefüggések egyaránt felhasználásra kerülnek. A zömében alapkutató jellegű fejezet gyakorlati szempontból is fontos eredményeket tartalmaz; közülük a Balaton párolgásának mértékéről közölt adatok emelhetők ki, amelyek egy régóta vitatott probléma nagyjából végérvényes lezárását jelentik. A hőháztartás egyes részleteit illetően azonban még akad néhány tisztázásra váró kérdés. Feltűnő, hogy egyáltalán nem állnak rendelkezésre mérési adatok a 2 m-nél mélyebb vízrétegek és a tófenék

hőmérsékletéről. Így további alátámasztást kívánnának a víz alatti talaj évi hőforgalmára vonatkozó adatok (3.12. táblázat 3. sor), amelyek több mint kétszeresen múlják felül szárazföldi talajaink hőforgalmának *Bacsó* által megállapított értékét.

A mű negyedik fejezete bevezetőben magvas értékelést tartalmaz a Balaton-vidék bioklimatikus adottságairól és a bioklimatológiai kutatások történetéről. A heterogén összetételű fejezetet főleg a Balaton-vidék éghajlatrajzához kapcsolják erős gondolati szálak. Különösen áll ez arra a fejezetrészre, amely a klímaelemek komplexumai alapján tárja az olvasó elé a kedvező és kedvezőtlen időjáráások gyakoriságát a fürdőidényben. E rész terjedelme mindössze két oldal, a laikus üdülõvendég és az idegenforgalmi szakember mégis joggal tekintheti az éghajlattani elemzés megkoronázásának, hiszen a számára legfontosabb információkat innen merítheti. Csak azt kívánhatjuk: idegenforgalmunk szervezői és propagandistái ismerjék fel és aknázzák ki a lehetőségeket, amelyeket az ilyen komplex klimatológiai feldolgozások eredményei kínálnak.

A negyedik fejezet keretébe illeszkedik az 1952 – 1965 között végzett fenológiai megfigyelések homogén sorozatának kiértékelése, szép folytatása a századfordulón *Staub* által megkezdett munkának. A balatoni üdülõhelyek bioklimatológiai jellemzőiről írott fejezetrészt viszont folytatásra feltétlenül érdemes kezdenek tekinthetjük. A komfort-feltételek jellemzését szolgáló komplex mutatók (pl. fülledtség, száraz és nedves lehülési érték) klimatológiai vizsgálatára az ország más részein is szükség lenne, e vonatkozásban a balatoni mérések és adatfeldolgozások valóban úttörő jellegűek. Érdemes lett volna azonban röviden kitérni a szubjektív hőérzet-megfigyelések módszertani kérdéseire (pl. a minta nagysága és reprezentativitása), valamint közölni a száraz és nedves lehülési értékek (4.7. és 4.8. táblázat) észlelõhelyére és észlelési sorozatának hosszúságára vonatkozó adatokat, mert az anyag klimatológiai értéke csak ezek ismeretében ítéltethõ meg.

A kötet minden nagy fejezete irodalomjegyzékkel zárul, a végén pedig külön fejezetbe foglalva megtaláljuk a Balaton meteorológiai irodalmának bibliográfiáját, amely a fontosabb művek egy-egy lényeges megállapítását szó szerint idézi, s ahol szükséges, pár mondatos tartalmi összefoglalást is nyújt.

A balatoni klíma-monográfia gazdag illusztrációs anyaga, tetszetõs kiállítása, izléses belsõ tagolása és tipográfiája a gondos szerkesztõi és nyomdai munkát dicséri. A csekély számban õhlatlanul elõforduló sajtóhibák között alig néhány értelem-zavaró akad; ilyen a 3.3. és 3.4. ábra felcserélõdése, a 48. oldal 3. egyenletében tévesen szereplõ együttható, az 1.25. táblázat hibás fejléce. Egészben véve azonban a tartalmához méltó, szép köntõsben megjelent könyv díszére válik az Országos Meteorológiai Szolgálat kiadványsorozatának. De a megjelenés fölött érzett jogos örömbe két csepp ürõm is vegyül.

Habent sua fata libelli – tartja a régi latin mondás, és ezúttal az egyik ürõmcsepp a könyv hosszú elõtörténete, amely a következõ dátumokból rajzolódik ki. A kötet anyagának alapját az 1958 – 62 között végzett Balaton-kutatók képezik, a bibliográfia az 1968-as évvel zárul, az elõszó 1970-ben kelt, a könyv végül 1974-es évszámmal, 1975 derekán látott napvilágot. Szerencsére a benne foglalt maradandó értékû megállapítások nem egy, hanem több évtized alatt sem avulnak el. – A másik ürõmcsepp: a mű nem kerül könyvtári forgalomba, s így korántsem biztos, hogy eljut minden érdeklõdõhöz és potenciális felhasználóhoz. Úgy érezzük, hogy az ilyen nagyjértékû, szélesebb körû érdeklõdésre számot tartó tudományos művek közreadására az Akadémiai Kiadónak kellene vállalkoznia, amely a gyors megjelenítéshez és terjesztéshez megfelelõbb apparátussal rendelkezik.

Robald Ferenc

ПРИГОРЕВ, А.А. — АЙПАТОВ, В.Б.: Пыльные бури по данным космических исследований (*Porviharok az űrkeutatósi vizsgálatok adatai szerint*). Hidrometizdat, Leningrád, 1974., 32 old., 12 ábrával. (14×21 cm)

Ez a kis monográfia a meteorológusok és a geográfusok széles köréhez szól. Bemutatja a porviharok tanulmányozását a mesterséges holdakról végzett megfigyelések alapján. Kijelöli Földünk arid és szubarid éghajlatú területeinek azokat a fő körzeteit, ahol porviharok leggyakrabban keletkeznek és leírja a poranyag rendszeres vándorlási pályáit. Tárgyalja a porviharok kapcsolatait a szinoptikai helyzetekkel, és megvizsgálja azt az összefüggést, amely a porviharok kialakulása és a talajszubsztrátum között fennáll. Egy észak-afrikai porvihar tanulmányozása mesterséges holdakról, igazolja, hogy ezeknek a jelenségeknek a dinamikája is vizsgálható ezzel az eljárással.

A monográfia a következõ fejezetekre és alfejezetekre tagozódik: I. *A porviharok fő övezetei az űrkeutatósi keretében végzett megfigyelések szerint* (5–14. old.): 1. Közép- és Nyugat-Afrika. 2. A Földközi-tenger partvidéke. 3. Kelet-Afrika. 4. Arab-félsziget. 5. Alsó Volga-vidék és Észak-Kaukázus. II. *A porviharok kapcsolata a szubsztrátumok különféle alakjaival* (15–20. old.): 1. A domborzat mikro- és mezoalakjai. 2. A domborzat aeolikus alakjai. 3. A szubsztrátumok talajfajtái. III. *A porviharok dinamikája és szerkezete* (21–27. old.): 1. A porviharok mozgásának kialakulása. 2. A porviharok szerkezete. IV. Zárószó (28. old.).

Az irodalmi jegyzékben 26 szovjet és külföldi munka szerepel.

Aujeszky László

ИЗРАЭЛЬ, А. Ю.: *Мирные ядерные взрывы и окружающая среда (A békés célú atomrobbantások és hatásuk a környezetre)*. Hidrometizdat, Leningrád 1974. 135 oldal, 47 ábra, 9 táblázat, 137 irodalmi utalással. Ára 16, – Ft.

A Szovjetunió Hidrometeorológiai Szolgálatának vezetője, *Israel* professzor, korábbi tudományos kutatói tevékenysége során ismételtlen foglalkozott a környezetvédelemmel, a nukleáris geofizikával, valamint az atomenergia meteorológiai problémáival. 1971-ben kormányát képviselte Bécsben az atomenergia békés célú felhasználásával foglalkozó konferencián. Jelen monográfiájában már alkalmazza a bécsi konferencia eredményeit a széles körű szovjet és más kutatási eredmények ismertetése közben. A kötet a békés célú atomenergia-felhasználás fejlődésével, a földalatti nukleáris robbantások környezetre gyakorolt hatásával foglalkozva ismerteti az atomenergia felhasználásának különféle lehetőségeit a földalatti atomrobbantások segítségével a tervezés, a tereprendezés és tudományos kutatás céljára. Megtalálható benne a földalatti nukleáris robbantás fizikai folyamatának és jelenségeinek, a sziklák és az elszökő levegő radioaktív izotópokkal történő szennyezésének leírása, a szennyezettség eloszlása a légkörben és a kísérleti területen. Sok figyelmet szentel a környezetszennyeződés előrejelzésének földalatti nukleáris robbantások alkalmával. Részletesen ismerteti a radioaktív produktumok eloszlásának és szóródásának törvényeit annak érdekében, hogy a földalatti robbantásokat minimális károsodást okozva folytathassák.

A könyv a Szovjetunióban és más államokban nyert kísérleti adatokra támaszkodik. Kilenc fejezetre oszlik, amelyekből kettő kizárólag a légkörbe kerülő izotópok eloszlásának meteorológiájával foglalkozik.

Az *első fejezet* a békés célú földalatti nukleáris robbantások felhasználási lehetőségeit ismerteti, felsorolja a tervezési, ipari és tudományos kutatási lehetőségeket. A *második fejezet* a földalatti nukleáris robbantásokkal kapcsolatos technikai-technológiai problémákat tárgyalja, egészen a robbantás üregéből kiszabadulható felhő kialakulásáig. A *harmadik fejezet* a földalatti robbantásoknál keletkező izotópok karakterisztikájával és aktivitásával foglalkozik. A technikai-ipari felhasználás részleteit a *negyedik fejezet* elemzi. Az *ötödik fejezet* a földalatti nukleáris robbantásokból keletkező radioaktív izotópoknak a légkörbe kerülését írja le iparszerű felhasználás, és a talajfelszín nem kívánt áttörése esetén. Ezen fejezeten belül osztályozza a szerző a különböző nukleáris robbantásokat. A *hatodik fejezet* a földalatti robbantások légkörbe jutott termékeinek terjedési és ülepedési mechanizmusát tárgyalja. A radioaktív felhőből keletkező szennyeződés helyére vonatkozó prognózis módszerének ismertetésével záródik e rész. A *hetedik fejezet* a szennyezett terület gamma-dózis számítását részletezi, a gamma-dózis mérésproblémáinak ismertetésével. A *nyolcadik fejezet* a robbantások termékeinek eloszlását vizsgálja a vizekben és biológiai anyagokban. Végül a *kilencedik fejezet* a környezetvédelem szempontjából vizsgálja a békés célú nukleáris földalatti robbantásokat.

A moszkvai atomcsend egyezmény a földalatti nukleáris kísérleteket még lehetővé teszi; a legutóbbi időben az ENSZ-ben benyújtott szovjet javaslat a nukleáris robbantások minden fajtájának teljes és végleges beszüntetéséről viszont még nem nyert elfogadást. Ilyen körülmények között a jelen monográfia nagyon is időszerű és élő problémákra nyújt megoldást.

Simon Antal

КАРОЛЬ, И. А.: *Высотные самолеты и стратосфера (A nagymagasságú repülőgépek és a sztratoszféra)*. „Novosztvi Nauki” sorozat, Leningrád 1974., Hidrometizdat, 49 (14 × 21,5 cm) old., 11 ábra, 4 táblázat.

A könyv címéből nem tűnik ki, hogy ez a mű a mai éghajlatelmélet egyik legérdekesebb és legizgalmasabb kérdését tárgyalja: azt a problémát, hogy amikor a szupersonikus repülőgépek egész flottái fognak már közlekedni a légkörben (ami körülbelül a jövő évtized felére várható), akkor a repülőmotorok égési termékei milyen mértékben befolyásolják a légkör állapotát és az éghajlatot a föld felszínén. Mint ismeretes, a nyugati szakemberek meglehetősen pesszimisztikusan ítélik meg e hatás következményeit. A szerző fejtegetéseit alapos szakirodalmi tanulmányra építi fel, az irodalmi jegyzékben 11 szovjet és 49 külföldi közleményre történik hivatkozás.

A munka a következő fejezetekből áll: 1. A repülőmotorokból a sztratoszférába kijutó égési termékek. 2. A gázokon végbemenő fotokémiai reakciók a sztratoszférában. 3. Az ózon földgömbi eloszlása és néhány nyomgáz eloszlása a sztratoszférában. 4. Globális anyagátvitel a sztratoszférában. 5. A szupersonikus utasszállító gépek égési termékeinek befolyása a gázokra és az aeroszolokra. 6. A sztratoszféra ózon- és aeroszol-tartalma megváltozásának lehetséges hatásai az éghajlatra és az élővilágra. 7. Következtetések. A megoldatlan problémák felsorolása és a felmerülő kutatási irányok megjelölése.

Aujesky László

A SZLOVÁK ÉS A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG VÁNDORGYŰLÉSE NYITRÁN

A Szlovák és a Magyar Meteorológiai Társaság, a Komenský Egyetem Természettudományi Fakultásának Meteorológiai Tanszéke (Pozsony) és a Mezőgazdasági Főiskola Meliorációs Tanszéke (Nyitra) közös rendezésű vándorgyűlése 1975. augusztus 20–22. között zajlott le Nyitrán. A Nyitra folyó két partján fekvő, természeti adottságokban kellemes, történelmi emlékekben gazdag város Szlovákia legnagyobb síkságán, legfontosabb mezőgazdasági területén, igen jól megválasztott hely volt a vándorgyűlés számára, amelynek témája ezúttal „*Az agrometeorológia feladata és problémái*” volt.

Az ünnepélyes megnyitásra aug. 20-án de. 9 órakor került sor, a nyitrai Mezőgazdasági Főiskola előadótermében, amely felszereltsége, akusztikája, lépcsőzetesen emelkedő padsorai révén természetszerűen igen alkalmas volt az előadások megtartására. *F. Šamaj*, a Szlovák Meteorológiai Társaság, és *Béll Béla*, a Magyar Meteorológiai Társaság elnöke a tőlük megszokott meleg, baráti hangulatú köszöntő és méltató szavakkal üdvözölte a vándorgyűlésen megjelenteket, majd az elnöklő *Béll Béla* az MMT Steiner Lajos-emlékérem- és oklevél-kiüntetésekkel adott át *M. Konček* professzornak, *F. Šamaj*nak, a pozsonyi Hidrometeorológiai Intézet igazgatójának, *V. Peterkának*, a Szlovák Meteorológiai Társaság társelnökének, *Š. Petrovičnak*, a Hidrometeorológiai Intézet tud.

tanácsadójának, és *J. Otrubának*, a Szlovák Tudományos Akadémia Geofizikai Intézete tud. munkatársának. A kitüntetettek nevében *M. Konček* professzor köszönetet mondva az MMT vezetőségének, visszaemlékezett *Steiner Lajos*nak az ógyallai obszervatóriumban kifejtett szervező munkásságára; rámutatott arra, amit ma már talán kevesen tudnak, hogy *Steiner Lajos* foglalkozott a dobsinai jégbarlang mikroklímájával is. Erről szóló tanulmánya az I. világháború után jelent meg a „*Meteorologische Zeitschrift*” c. folyóiratban.

A szakmai előadások sorát *Ján Benetín* professzornak, a Mezőgazdasági Főiskola Meliorációs Tanszéke (Nyitra) vezetőjének „*Az agrometeorológia fejlődése és távlatai Szlovákiában*” című előadása nyitotta meg. Bevezetőben hangsúlyozta, hogy az agrometeorológia művelőinek feladatköre az időjárási események kedvezőtlen hatása elleni védekezésen kívül egyre inkább bővül azzal, hogy az éghajlati jelenségek figyelembevételével a mezőgazdasági termelés technológiája szempontjából optimális paramétereket dolgoznak ki. Szlovákiában a sztochasztikus és determinisztikus módszerek megfelelő összekapcsolásával, a mezőgazdasági termelés és az agrártudományok új irányzatainak fejlesztése érdekében, produktív mezőgazdasági szisztémák modelljén dolgoznak.

Justyák János tszvv. docens, kandidátus



1. ábra. A vándorgyűlés résztvevői a nyitrai Mezőgazdasági Főiskola épülete előtt (Fotó: Barta)



2. ábra. A Steiner Lajos-émlékremmel kitüntetett szlovák meteorológusok. Balról jobbra: F. Šamaj, V. Peterka, S. Petrovič, J. Otruba és M. Konček

(Debrecen) és Szász Gábor professzor (Debrecen) „Az agrometeorológiai oktatás és kutatás helyzete, perspektívája Magyarországon” c. előadása rövid, tömör áttekintést adott a címben foglaltakról. Magyarországon a budapesti Eötvös Loránd Tudományegyetemen és az agrártudományi egyetemeken (Gödöllő, Debrecen, Keszthely), valamint a budapesti Kertészeti Egyetemen folyik tantervileg előírt agrometeorológiai oktatás. Szegeden és Debrecenben a tanárképzősöknek is oktatnak agrometeorológiát, ill. mikroklimatológiát. Agrometeorológiai kutatást – különböző intézményekben – 28 helyen folytatnak. Az időszakos kutatási feladatok sorából az előadók az időjárás és a növényzet fejlődése, valamint terméseredménye közötti összefüggéseket, a természeti erőforrások agrometeorológiai feltárását és az agrometeorológiai előrejelzések módszereinek kidolgozását emelték ki.

Ferdinand Šamaj igazgató és Pavel Šteberla mérnök (Pozsony) „Az agrometeorológiai szolgálat szervezete és feladatai a szlovák hidrometeorológiai szolgálatban”, Varga-Haszonits Zoltán igazgató (Budapest) „Az agrometeorológiai szolgálat szervezete és feladatai az Országos Meteorológiai Szolgálatnál” c. előadása egyaránt a két nemzet résztvevőinek kölcsönös tájékoztatását szolgálta. Az előadások alapján a két szolgálat jelenlegi helyzete, kiadott rendszeres információ-szolgáltatása és a fejlesztés irányá közlő azonosnak ítéltető.

Margita Kurlpelová kandidátus (Pozsony) „Csehszlovákia agroklimatikus viszonyai” c. előadását távollétében Štefan Petrovič ismertette. A rövid ismertetésből is, de főként az előadások anyagát tartalmazó kötetből kiderült, hogy szerzője igen átgondolt, nagy feldolgozó munkát végzett, melynek eredményeként 3 paraméter figyelembevételével: 1. a vegetációs időszak hőmérsékleti összegei; 2. a növényzet, elsősorban a gyümölcsfák áttelelési feltételei (a téli időszak átlagos minimum-hőmérséklete szerint); 3. a nyári vízellátottság alapján kifeje-

lölhetette és térképezhetette Csehszlovákia agroklimatológiai körzeteit.

Bartáné Kmetykó Katalin osztályvezető (Budapest) „Agrometeorológiai előrejelzés Magyarországon” c. előadásában körültekintő elemzés adott mind történeti, mind a legújabb eredmények, feladatok és további tervek szempontjából. A magyar agroklimatológusok jelelnek a talajnedvességre, a késő tavaszi és őszi fagyokra adnak ki előrejelzést. A több éve folyó vizsgálatok eredményeként, több növényre fenofázisonként meghatározták a domináns meteorológiai elemeket, s már a közeljövőben kibővítik az előrejelzéseket pl. az aratás, termésbetakarítás időpontjai, növényi kártevők elleni védekezés, talajhőmérséklet tekintetében is.

Bálint György, a Kertészet és Szőlészet c. lap főszerkesztője (Budapest) „Időjárási károk – különös tekintettel a jégkárokról Magyarországon” c. előadásában a statisztikai hivatal adatgyűjtésére hivatkozva kimutatta, hogy az időjárási károk okozta termés kiesés a növénytermesztésben, a sokévi átlagok szerint évi 10%. A szocialista nagyüzemi növénytermesztés bruttó termésértéke 1974-ben pl. 67 milliárd Ft volt. Ebből következően megállapítható, hogy népgazdaságunkat évente mintegy 7 milliárdos tétel terhelő időjárási károk miatt. A mezőgazdaságot sújtó elemi csapások közül a jégeső a legszeszélyesebb. A jégesős napok évi átlagos száma 100, ennek 95%-a a májustól augusztusig terjedő négy hónapban fordul elő. 20 évet vizsgálva a községek 38,3%-át sújtotta jégeső, de pl. 1955-ben Hódmezővásárhelyen, 1965-ben pedig Mélykúton 10-szer sújtotta jégeső a növényzetet. Az ország területén egyetlen község sem akad, ahol 10 éven belül egyszer sem fordult volna elő jégverés. Évi átlagban, egyedül a jégverés a mezőgazdaságilag művelt terület 4,9%-án, a tervezett növénytermelési értéket 1,5%-kal (353 millió Ft) csökkentette.

Wirth Endre fősztályvezető (Pécs) „Jégesők, jégkárok és jégelhárítási kísérletek” c. előadását távollétében Ventura Eduárd osztályvezető olvasta fel. Wirth Endre a magyarországi jégesőelhárítás szakértője, szervezője, a kísérletek irányítója, szakszerű, alapos beszámolójában kitért a jégesők pontszerű és területi gyakoriságára, a jégesős napok évi és napszakos eloszlására, a jégverés időtartamára, a jégzemek nagyságeloszlására, ismertette a jégkárok alakulását azon a területen, ahol a kísérleti jellegű jégesőelhárítás már folyamatban van, végül a védekezés hatékonyságát, gazdaságosságát és a beavatkozás általános sémáját. Kimutatta, hogy ha a védekezés a kijelölt Baranya megyei körzetben az esetek 32%-ában eredményes, akkor már jelentős megtakarítás érhető el.

František Kravjar mérnök (Szlovák Biztosító Intézet, Pozsony) „Az időjárás okozta károk a mezőgazdaságban” c. előadásában ismertette, hogy Szlovákiában a biztosító intézet 1969 –

5 év : 140.000.000 +%

1974 között 2 milliárd csehszlovák koronát fizetett ki időjárási károokra, ebből 38% árvíz, 38% jégeső, 10% vihar, 7% zúzmara és 7% egyéb elemi kár következménye volt. Hangsúlyozta az előadó a jégesőelhárítás bevezetésének szükségességét Szlovákiában is.

Dusan Podhorský – Marija Fabková – Štanišlav Kavár – Vladimír Pánik (Hidrometeorológiai Intézet, Pozsony) „A felhők aktív befolyásolásának fizikai és kísérleti kérdései és a mezoszínoptikai jelenségek” c. előadásukban a jégesőelhárítás és a mezoszínoptikus folyamatok módosítása érdekében végzett elméleti kutatások és kísérletek eredményeit ismertették.

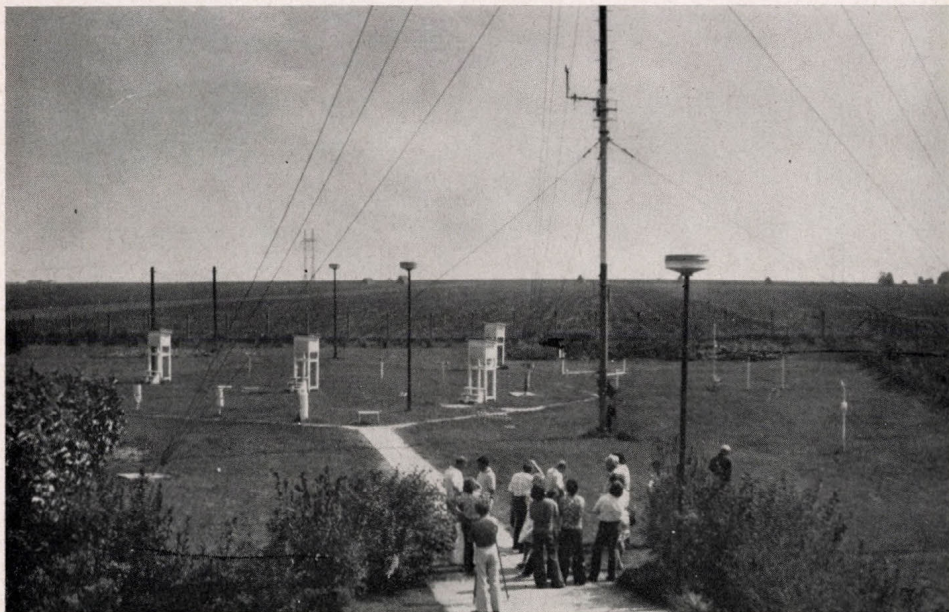
Ferdinánd Šamaj – Šimon Valovič (Hidrometeorológiai Intézet, Pozsony) „Az 1973/74. év szélsőséges időjárásának hatása a ČSSR mezőgazdasági termelésére” címmel tartott előadásukban érdekes eredményt mutattak ki. Az 1973/74. év több időjárási rendkívüliséget hozott. Enyhe száraz telet olyan száraz tavasz követett, amilyen 100 évben egyszer fordul elő. Erre hűvös, nagyon csapadékos (az átlag kétszerese) nyár következett, majd olyan különösen esős őszi, amilyennek ismétlődése valószínűségi számítások szerint 500–1000 év múlva következhet be. Mindezek ellenére a főbb termények ebben a mezőgazdasági évben rekordhozamúak voltak.

Bogumil Žák kandidátus (Pozsony) „A talajhőmérséklet napi menete Pozsonyban” c. előadásában kimutatta, hogy a talajhőmérséklet észlelése a rendszeres éghajlati megfigyelések

keretében nyáron 50 cm mélységig célszerű, télen pedig csak 20 cm-ig, mert ennél mélyebb rétegben ingás már nem észlelhető. A hőterjedés számítására, a napi hőmérsékleti hullám fázisos eltolódásának és az amplitúdó mélység szerinti csökkenésének meghatározására viszont a terminusészlelések nem alkalmasak.

Vladimír Pevný mérnök, kandidátus (Nyitra) „A talajfagy mélysége Nyitrán 1960–1975 között” c. előadásában ismertette a monolit kriométerrel 15 éven át végzett mérések feldolgozásából kapott igen érdekes, újszerű eredményeket. A talaj-monolit mérete $10 \times 15 \times 100$ cm volt. Az átfagyás a legerősebb teleken 76 és 71 cm, a legenyhébb télen 10 cm mélységig terjedt. Igen hasznos adatok ezek a növényzet áttelelése, a tél jellegének megítélése, az utak felfagyása szempontjából, bár ez utóbbinál a talaj nedvességtartalma is lényeges tényező. Felvetette az előadó azt a lehetőséget, hogy a talajállapot jelenleg használatos fokozatai hasznosan bővíthetők lennének a kriométer adatai alapján.

Augusztus 21-én, a vándorgyűlés szakmai programjának második napján elsőként Gustav Valuš mérnök (Hidrológiai Intézet, Pozsony) „A talajnedvesség-készlet változása különböző növények alatt, a Duna völgyében fekvő néhány állomáson” címen tartott előadást. Őszi búza és kukorica alatti vízkészletváltozásokat, ezeknek a csapadékkal és a különböző vastagságú talajrétegek össz-vízkészletével való összefüggését vizsgálta ismert módszerekkel az 1971–74 közötti időszakban.



3. ábra. A pozsonyi Hidrometeorológiai Intézet obszervatóriumának észlelőkertje Jaslovské Bohunicében

Pável Petrovič kandidátus (Pozsony) „Az öszpárolgás kiszámításának módszere a Nyitra folyó medencéjében” c. előadása ismertette a területi párolgás kiszámítására szolgáló *Budyko*-féle egyszerűsített komplex módszert, és a kiszámított területi párolgás, valamint a talajnedvesség értékeit 1930-tól 1970-ig évenként táblázatokba foglalva is bemutatta.

Otto Brezný mérnök, kandidátus (Öntözőgazdálkodási Kutatóintézet, Pozsony) „*Tapasztalatok az NZK 203 típusú talajnedvességmérő neutronszondával*” c. előadásában kimutatta, hogy a neutronszondázás pontossága kb. akkora, mint a talajminta-vétellel történő méréseké, de kezelése egyszerűbb, gyorsabb.

Antal Emánuel kandidátus, főosztályvezető (Budapest) „*Agrometeorológiai modell az öntözés előrejelzésére*” c. előadásában áttekintette az általa vezetett, 1966 óta folyó hálózatszerű evapotranspirációs mérések elemzésének eredményeit. Számítási modellt dolgozott ki a potenciális evapotranspiráció, majd a különböző növényállományok tényleges vízfogyasztásának meghatározására, agrometeorológiai modellt az öntözés időpontjának és vízmennyiségének előrejelzésére. A kidolgozott modellek és empirikus eloszlásfüggvények segédeszközként használhatók a vízgazdálkodási tervezések során.

Ján Ivanička mérnök, kandidátus (Pozsony) „*A meteorológia szerepe a szántóföldi növények öntözési rendszerének szabályozásában*” c. előadása hasznos eszmefuttatás volt arról, hogy az öntözés nem nélkülözheti a tudományos alapokat, a meteorológia nyújtotta ismereteket.

Otto Brezný (Pozsony) második előadása a „*Kultúrnövények öntözési rendszerének számítógép segítségével történő irányításáról*” szöveget. Elmondotta, hogy a nedvességigényt a telítési hiány és a növényre vonatkozó bizonyos biológiai koeficiens figyelembevételével határozzák meg. Hétnaponként adnak ki előrejelzést, amely a legfontosabb növényekre és három fő talajtípusra megadja az öntözendő víz mennyiségét, a következő öntözésig eltelt napok számát, a legközelebbi meteorológiai állomás előző háromheti csapadékatát, valamint a növények utolsó heti nedvességigényét.

Endrődi Gabriella tud. főmunkatárs (Budapest) „*A növények sztómaellenállása a meteorológiai tényezők függvényében*” címmel tartott előadást. Az ún. porométeres mérések szolgáltatják az adatokat a növényi élet jelenségeinek a részletekbe menő, alapos vizsgálatához. A sztóma (légzőnyílások) állapota jelentékeny mértékben hat a transpiráció és a fotoszintézis folyamatára. A sztóma állapota viszont a növényi adottságokon kívül a meteorológiai tényezőktől függ. Az ilyen irányú összefüggés-vizsgálatok eredményezhetik a sztómaellenállás kiszámítását és bevonását a párolgási modellekbe.

Andrej Harbulák mérnök (Kassa) és Vaclav Lednický mérnök (Osztrava) „*A fenofázisok bekövetkezése a különböző gabonafélék esetében*” c. előadásukban kimutatták, hogy a különböző fenofázisok beállta között a rozs és zab, valamint a hazai nemesítésű árpaik esetében alig van különbség. Eltérések leggyakrabban az őszi búza korai és késői fajtái között alakulnak ki, ami az egyes fenológiai fázisok beálltánál 12 nap is lehet. Ha az őszi búza ősszel nem bokrosodik, a bokrosodási fázis beállásának késése elérheti a 30 napot is.

Frantisek Špánik mérnök, kandidátus (Nyitra) és Ján Tomlein professzor (Pozsony) „*A nap-sugárzás hasznosulása a völgyi legelők első terméshozamában Nyitra és Besztercebánya területén*” c. előadásukban rámutattak arra, hogy e két város vidéke vízellátottság és talajnedvesség szempontjából ugyan hasonló adottságú, de a globálsugárzás mennyisége, a vegetációs időszak hossza és a sugárzásbevitel Nyitra térségében nagyobb, s ennek következtében a réteken a szerves anyag (biomassza) kg/m^2 -ben kifejezett értéke is jóval több, mint Besztercebánya környékén.

Frantisek Smolen docens, kandidátus az erdőknek a sugárzási egyenlegre gyakorolt hatását elemezte előadásában. Nyitra-Báb területén, erdőben végzett sugárzásmérések eredményei szerint a lombos erdők fáinak koronája júliusban elnyeli a globálsugárzás 86%-át, az elnyelés legkisebb értéke, 59%, márciusban fordul elő. Az erdő visszaverő képessége kisebb, mint a füves réteké: nyáron 37–43%-ot, télen 72%-ot is elérhet a különbség.

Vladimír Pevný mérnök, kandidátus és Frantisek Špánik (Nyitra) *Az éghajlat hatása az őszi búza terméshozamára* c. előadásukban az erre vonatkozó vizsgálatokról beszámolván 4 őszi búza fajta hőmérséklet- és csapadékgigényét mutatták ki a különböző fenofázisokban.

Ferdinánd Polokovič mérnök, kandidátus és Pável Šteberla (Pozsony) „*A mikroklíma jelentősége a szőlő fejlődésében*” c. előadása értékes adalék a szőlőállomány klímájához. A 10–200 cm közötti légtérben mutatkozó napi hőmérsékletjárást mutatták be, majd összehasonlították az állományban és a szabad területen előfordult egyidejű értékeket.

A szakelőadások befejeztével elsőként Béli Béla mondott köszönetet a vendéglátó szlovák kollégáknak, az előadóknak, tolmácsoknak, s egyben meghívta a Szlovák Meteorológiai Társaságot az 1977-ben Pécs városába tervezett következő vándorgyűlésre, amelynek témájával a városklíma és a várostervezés, -fejlesztés, a gyógy- és üdülőhelyek klímájának orvosi és biometeorológiai kérdéseit javasolta. Köszönetet mondott azért a gondos előkészítő munkáért, amelynek eredményeként a vándorgyűlés résztvevői az előadások orosz és német nyelvű teljes anyagát szlovák és magyar összefoglalókkal, tetszetős könyv formájában már a megérkezés napján kézhez kaphatták.

Ferdinánd Šamaj a meghívást örömmel fogadva, értékelte az elhangzott előadások, a kölesönös tájékoztatás szakmai előnyeit. Elismerését fejezte ki a rendezőségnek, közülük elsősorban *J. Benetín* professzornak, de a szervező bizottság minden tagjának és a tolmácsoknak is. A tolmácsok közül a már jó ismerőssé vált kedves kollégák: *J. Kolesár* (Kassa) és *L. Dunajszkij* (Pozsony) igen előzékenyen sok segítséget nyújtottak a magyar résztvevőknek.

Augusztus 22-én a vándorgyűlés tagjai autóbuzsokon tanulmányi kirándulásra indultak. Elsőként Nyitra-Báb községében a ČSAV meteorológiai obszervatóriumát tekintették meg, ahol *F. Smolen* előadásához kapcsolódva az érdeklődők teljes képet alkothattak az ott folyó erdészeti meteorológiai mérésekről, műszerekről.

Jaslovské Bohunicében a Hidrometeorológiai Intézet által működtetett meteorológiai obszervatórium volt a következő állomás, amely elsősorban az ott létesített atomerőmű rendszeres meteorológiai tájékoztatását, de ezen kívül kutatási célokat is látott szolgálni. A meteorológiai állomás területén 35 m magas mérőtorony áll, kétirányú szélkomponensmérő, légköri diffúziót és radioaktív szelvényvezetője — a meteorológiai tájékoztatás birtokában — akkor rendeli el a felgyülemlett radioaktív gázok kibocsátását, amikor hígulásuk szempontjából az időjárási helyzet a legkedvezőbb. A légköri stabilitás mértékét *Uhlig* módszerével határozzák meg.

A tanulmányi kirándulás végül Nagyszombatban városnézéssel, majd a Vág völgyében fekvő világhírű gyógyfürdők városában, Pöstyénben töltött néhány kellemes órával zárult.

Lőrincz A.

*

R. J. SCHNEIDER BUDAPESTI LÁTOGATÁSA

R. J. Schneider, a WMO Európai Regionális Bizottságának (RA-VI) elnöke 1975. augusztus 5-től 11-ig hivatalos látogatást tett *Czelnai Rudolfnál*, a Bizottság alelnökénél. A tárgyalás eredményeként megállapodtak a RA-VI közötti, Budapesten rendezendő ülészsaka időpontjára, napirendi pontjaira, valamint a munkadokumentumok előkészítésére vonatkozóan. A megbeszélés során *R. J. Schneider* átadta a régió folyamatban levő ügyeit *Czelnai Rudolf* alelnöknek. *Schneider*t budapesti látogatására elkísérte felesége is. A vendégek az OMSZ elnökének kíséretében meglátogatták a síófoki Viharjelző Obszervatóriumot és kirándultak a Duna-kanyarba is.

Mohácsi M.

M. KONČEK 75 ÉVES

Jókívánásaink közül, amelyeket 1970-ben folyóiratunk hasábjain *M. Konček* professzor 70. születésnapja alkalmával kifejeztünk — ami öt év alatt egyáltalán lehetséges —, az valóra vált: Életének azóta eltelt évei a helyreállt egészséggel együtt újult munkakedvet, sok új értékes eredményt hoztak számára. Ha csak a legjelentősebb tudományos közleményeit vesszük figyelembe az utolsó öt esztendőben, akkor is legalább kilencről adhatunk számot, ám ezenkívül — ami ebben a korban ritka jelenség! — továbbra is aktív tudomány-szervezői, hazai és nemzetközi előadói tevékenységének kell elismeréssel adóznunk. Legújabb, illusztris szerzőtársakkal összeállított tanulmányát (*Klíma Tatier*, Bratislava, SAV 1975) is széles körű szakmai elismerés fogadta. Ennek egyik előzményét egyébként *Konček* professzor épp folyóiratunkban tette közzé (*Besonderheiten im Temperaturregime an den Südhängen der Hohen Tatra*, *Időjárás* 64. évf., 1. szám, 72–82. old., 1960). Már ebben a tanulmányában ismertette azokat a karakterisztikus vonásokat, amelyek Európának ezt a különlegesen szép hegységét idegenforgalmi szempontból is kellemessé és vonzóvá teszik. A most megjelent tátrai monográfiájában viszont teljes, az európai éghajlati körzetekbe illesztett és oda be is illő Tátra-képet rajzolt.

Konček professzor szellemi elindítója és ma is egyik irányítója az évenként más-más országban összeülő Kárpát-meteorológiai konferenciáknak, valamint a kétévenként felváltva Szlovákiában és Magyarországon megrendezésre kerülő, sikeres, közös meteorológiai vándorgyűléseknek: a legutóbbi, ez idén Nyitrán megrendezett vándorgyűlésnek is aktív résztvevőjeként üdvözölhetjük. Az eddigiekhez hasonlóan eredményes, újabb ötéveket kívánunk *Mikulás Konček*nek — miként öt évvel ezelőtt — meleg baráti köszöntéssel!

A Szerkesztő Bizottság

*

EGYÜTTMŰKÖDÉS AZ OVH ÉS AZ OMSZ KÖZÖTT AZ ÁRVÍZ- ÉS BELVÍZVÉDELMEK TERÉN

Dégen Imre államtitkár, az Országos Vízügyi Hivatal akkori elnöke és *Czelnai Rudolf* az Országos Meteorológiai Szolgálat elnöke 1975. augusztus 13-án írta alá az OVH és az OMSZ együttműködési megállapodását „Az árvíz- és belvízvédelemre való felkészülést és a tényleges védekezést szolgáló rendszeres meteorológiai adatok és előrejelzések közlése” tárgyában.

A megállapodás a bevezetőben megállapítja, hogy a felkészülés az árvíz és belvíz elleni védelemre és a tényleges védekezés az Országos Vízügyi Hivatal feladata. Az ehhez szükséges

hidrológiai és hidrometeorológiai adatokat az OVH gyűjti és dolgozza fel.

A hatékony védekezéshez azonban a folyamatos meteorológiai tájékoztatásokra és a lehető legnagyobb időelőnyű előrejelzésekre is szükség van. Ez utóbbi információkat az Országos Meteorológiai Szolgálat intézményei útján, meteorológiai adatanyagok, meteorológiai tájékoztatások és előrejelzések formájában bocsátja az OVH rendelkezésére.

A megállapodás meghatározza az együttműködés főbb területeit és formáit, majd az intézkedések folyamatos összehangolása érdekében az OVH és az OMSZ egy-egy állandó összekötő jelöl ki.

A szerződő felek kötelezettségeit az együttműködési megállapodás mellékletét képező „Feladatleírások” tartalmazzák, az alábbiak szerint:

- rendszeres meteorológiai adatközlések rendje (KEI Hírközpontja);
- rövidtávú rendszeres regionális meteorológiai tájékoztatás és előrejelzés (KEI Rövidtávú előrejelző osztálya);
- radaros csapadékmegfigyelések rendszeres közlése (KEI Közforgalmi repülés-meteorológiai osztálya);
- középtávú rendszeres meteorológiai tájékoztatás és előrejelzés (KEI Középtávú előrejelző osztálya);
- évszakos előrejelzés (KMI Információs-szervezési osztálya).

Az együttműködési megállapodásban foglaltak megvalósításával az OMSZ, intézményein keresztül, rendszeres adatközléssel, meteorológiai tájékoztatással és előrejelzéssel segíti az illetékes vízügyi szerveket az árvíz- és belvízveszélyes helyzetek gyors felismerésében, és ezzel jelentős mértékben járul hozzá a népgazdaságot és az ország lakosságát sújtó árvízjárok hatékony elhárításához.

Szakály J.

*

V. DIMITRIEVSKI MAGYARORSZÁGON

Vitomir Dimitrievski, a Jugoszláv Szövetségi Hidrometeorológiai Intézet helyettes igazgatója 1975. szeptember 14–16. között Budapesten tartózkodott. Megtekintette a KMI-ben a Számítóközpontot, a KEI-ben a Hírközpontot és a KLFI-ben a műholdvevőállomást. Tárgyalásokat folytatott az OMSZ illetékeseivel a két szolgálatot kölcsönösen érintő távközlési és jégesélhárítási kérdésekről. Látogatásának külön fontosságot adott az a körülmény, hogy Budapesten is a belgrádihoz hasonló típusú távközlési komputert helyezünk üzembe. A jugoszláv szolgálatnál kidolgozott programok – amelyeket átadnak részünkre – várhatóan nagyban elősegítik majd nálunk is a középsebességű, automatizált hírközlés bevezetését.

Mezősi M.

WMO-SZAKÉRTŐK A MAGYAR METEOROLÓGIAI SZOLGÁLTATNÁL

1975. szeptember 6-tól 12-ig az Országos Meteorológiai Szolgálat vendége volt *Olov Lönnqvist*, a Svéd Meteorológiai és Hidrológiai Intézet igazgatóhelyettese, a WMO „Alaprendszerek Bizottságának” elnöke. *Lönnqvist*, mint WMO-szakértő látogatta meg szolgálatunkat abból a célból, hogy meteorológiai adatfeldolgozó rendszerünk különböző részeinek, elsősorban az előrejelzésnek további fejlesztéséhez irányelveket, tanácsokat adjon.

Miután a helyszínen is megismerkedett szolgálatunk intézményeivel és előadásokat tartott arról, hogyan használják fel az elektronikus számítógépeket az időjárás előrejelzéséhez Svédországban, *Lönnqvist* konkrét javaslatokat is tett az OMSZ prognosztikai tevékenységének tökéletesítésére.

Javaslatainak lényege röviden a következőkben foglalható össze: A prognosztikai kutatás súlypontját a főleg külföldi központoktól kapott előrejelzéseknek a helyi viszonyokra történő *interpretálására* kell helyezni; ez alapos *klimatológiai kutatómunkát* is igényel, és megfelelő adatbank létrehozását teszi szükségessé. Fel kell készülni nagy sebességgel továbbított rácspon-t-adatok vételére és ezek térképformába való átalakítására, ehhez célszerű egyetlen standard térképvetületet alkalmazni. Törekedni kell az időjárás analízisben alkalmazható modern elektronikus segédberendezések (pl. elektrosztatikus rajzoló) beszerzésére. Az előrejelzések bevalásának ellenőrzését a lehetőség szerint objektív alapokra kell helyezni.

Roy Berggren, a Svéd Meteorológiai és Hidrológiai Intézet Hidrológiai és Oceanológiai részlegének vezetője, a WMO „Meteorológia és Klimatológia Speciális Alkalmazásainak Bizottsága” (CoSAMC) alelnöke, 1975. szeptember 15-től 19-ig, a Meteorológiai Világszervezet kiküldött szakértőjeként Budapesten dolgozott. A kiküldetés célja a *meteorológiai tevékenység gazdasági hatékonyságának elemzésével* kapcsolatos tanácsadás volt. Programja keretében látogatást tett az OMSZ intézeteiben, valamint a siófoki obszervatóriumban, és több szakemberrel folytatott termékeny eszmecserét. Ezenkívül két előadást tartott, szeptember 15-én „Példák éghajlati szolgáltatásokra”, szeptember 18-án pedig „Az éghajlati szolgáltatások információs és gazdasági szempontjai” címmel.

A látogatásának eredményeit összegező zárómegbeszélésen javaslatait 20 pontban terjesztette elő. Ezek a javaslatok az OMSZ külső kapcsolatainak kiszélesítésére, valamint gazdasági hatékonyságának fokozására vonatkoznak. Azt célozzák, hogy az OMSZ olyan kapcsolatokat fejlesszen ki, amelyek révén a népgazdaság alapvető változás előtt álló területeinek éghajlati információ igénye időben monitorizálható, és a meteorológiai szakvéle-

mény hibás döntéseket akadályozhat meg. A szakemberképzésre és a meteorológiai propagandára vonatkozó észrevételei szintén arra irányulnak, hogy a meteorológus, valamint az információit potenciálisan, illetve ténylegesen igénylő és felhasználó között a leghatékonyabb viszony jöhessen létre.

Tölgyesi I. — Zemplényiné Tárkányi Zs.

*

AJTAI MIKLÓS LÁTOGATÁSA A PÉCSI JÉGESŐ-ELHÁRÍTÓ RENDSZER KÖZPONTJÁBAN

Ez év augusztus 27-én Ajtai Miklós és Bartos István, az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság elnöke és elnökhelyettese, más országos és helyi szervek vezetőinek társaságában hivatalos szemlét tartott a KLFÍ Alkalmazott Felhőfizikai Főosztályának pécsi telephelyén és megtekintette a jégeső-elhárító rendszer létesítményeit. A szemlén jelen volt Czégény József, az MSZMP Baranya megyei Bizottságának titkára, Földvári János, a Baranya megyei Tanács általános elnökhelyettese, Kerner Ádám, a helyi TSZ-szövetség elnöke, Vincze József, az Országos Vízügyi Hivatal elnökhelyettese, Kiss Imre alezredes, a helyi MN-alakulat képviselője, Vámkidy László, az Állami Biztosító megyei irodájának igazgatója, valamint az OMSZ illetékesei.

A szemle alkalmából az Alkalmazott Felhőfizikai Főosztály előadótűlést szervezett, amelyen Wirth Endre főosztályvezető ismertette a jégesőelhárítás módszerét és a rendszer létrehozásával kapcsolatos munkálatok eddigi eredményeit. Ezt követően Hajós László, a Vegyi és Robbanóanyagipari Felügyelőség főmérnöke ismertette a rakéták műszaki tulajdonságait és működését, és tájékoztatást adott a különféle hatósági engedélyezési és jogi eljárások végrehajtásának helyzetéről.

Az előadásokat követően a szemlére meghívott vendégek megbeszélést folytattak az OMSZ munkatársaival a program megvalósításával kapcsolatos időszerű feladatokról. Megállapodtak azokban a teendőkből, amelyek a rendszer 1976-ban meginduló üzemeltetéséhez szükségesek.

A tájékoztató és a megbeszélés után a szemle résztvevői meglátogatták a baksai kilövőállomást, valamint a tenkeshegyi irányító-központot és radarállomást, és megtekintették az eddig megvalósított létesítményeket.

A szemle megrendezése példás volt, a meglátogatott létesítmények rendezettsége, tisztasága a szemle résztvevőire igen jó benyomást gyakorolt. Megállapították, hogy a főosztály dolgozói aránylag rövid idő alatt felkészültek feladataik ellátására. Ennek alapján biztosítottak látják, hogy a rendszer a tervezett időben — 1976 tavaszán — működésbe léphet.

Czelnai R.

STANISLAV BRANDEJS 1918 — 1975

Megrendüléssel fogadtuk a hírt, hogy Prof. Dr. Stan slav Brandejs, a csehszlovák meteorológiai élet kimagasló egyénisége 1975. június 15-én, életének 57. esztendejében Prágában váratlanul elhunyt.



Stanislav Brandejs 1918. november 10-én született az észak-csehszlovákiai Hořice-ben. 1936-ban a prágai Károly Egyetem természettudományi fakultásán megkezdett tanulmányait a megszállás és a háború évei szakították meg. Ezekben a nehéz esztendőkből a prágai meteorológiai intézetben teljesített szolgálatot. 1946-ban, tanulmányai befejeztével, a Károly Egyetem meteorológiai intézetének asszisztense lett; 1951-ben docenssé, majd 1965-ben a meteorológia és klimatológia professzorává nevezték ki. 1966 és 1969 között a Károly Egyetem matematikai-fizikai fakultásának dékánja volt. Ezenkívül az egyetemen, az oktatási és művelődésszervezési minisztériumban, a prágai hidrometeorológiai intézetben, valamint a csehszlovák tudományos akadémiában egy egész sor tudományos-szervezési funkciót töltött be. 1957 óta ellátta a *Studia geophysica et geodaetica* című folyóirat főszerkesztői teendőit.

Prof. Brandejs tudományos munkásságának jellemző vonása, hogy figyelmét mindenkor a meteorológia újonnan kifejlődő ágaira összpontosította. A háború utáni években dolgozatait a radar-meteorológia, az elektromágneses hullámok légkörbeli terjedése, a mesterseges esőkeltés és az időjárás előrejelzés korszerű módszerei tárgyköréből írta. Tevékenységének magvát azonban a dinamikus meteorológia alkotta. Foglalkozott az ageosztrofikus szélösszetevők elemzésével, az advektív nyomásváltozások kérdésével, és megkülönböztetett figyelmet szentelt a numerikus prognosztika kérdéseinek. E területen különösen az orográfia hatásának az előrejelzési modellekbe történő bevezetése érdemel említést: Brandejs és Vitek elsőként bontották fel a függélyes sebességet egy a dinamikus változások és egy

a domborzat által indukált összetevőre — ezt az eljárást ma is széles körben alkalmazzák a numerikus modellek megszerkesztésénél.

A numerikus prognosztika témakörében végzett elmélyült munkássága eredményeként született meg 1956-ban *Brandejs* tollából a *Bevezetés a numerikus időjárás-előrejelzésbe* c. monográfia. Úttörő vállalkozás volt ez abban az időben, s mi, pályakezdő meteorológusok és a téma lelkes hívei, azonnal szorgalmaztuk a könyv magyarra fordítását. A kitűnő munka tanulmányozása során született meg a gondolat egy hasonló témájú magyar mű összeállítására. (Ez a könyv végül is 1967-ben jelent meg *Ambrózy Pál* szerkesztésében *Az időjárás dinamikus előrejelzésének alapjai* címmel.)

Az elmúlt években Prof. *Brandejs*-t elsősorban a nem-adiabatus hatásoknak a légköri folyamatok fejlődésében betöltött szerepe, a légköri turbulencia és a fizikai klimatológia kérdései foglalkoztatták. Életeművét összesen 55 önálló tudományos munka alkotja; közülük számos rendszeresen említést kap a világ bármely részén megjelenő elméleti meteorológiai monográfiákban. Elévülhetetlen érdeme, hogy az időjárás és az éghajlat elemeit modern, matematikai-fizikai felfogásban oktatta tanítványainak, és ezzel új iskolát sikerült teremtenie hazájában.

Korai halálával az egész meteorológus társadalmat érzékeny veszteség érte.

Götz G.

*

CZELNAI RUDOLF A METEOROLÓGIAI VILÁGSZERVEZET EURÓPAI REGIONÁLIS ASSZOCIÁCIÓJÁNAK ELNÖKE

Mint 1974. november—decemberi számunkban közöltük, *Czelnai Rudolfot* a Meteorológiai Világszervezet Európai Regionális Asszociációja a Bukarestben 1974 szeptemberében megtartott hatodik ülésén alelnökévé választotta.

Mivel *Raymond Schneider*, az asszociáció korábbi elnöke, 1975. november 1-én a Meteorológiai Világszervezet főtítkárhelyettesi állását foglalja el, s így 1975. szeptember 30-i hatállyal lemondott előbbi hivataláról, a WMO szabályai szerint 1975. október 1-től az asszociáció 1978-ra tervezett hetedik ülésének végéig *Czelnai Rudolf* tölti be az Európai Regionális Asszociáció elnökének tisztségét, s egyidejűleg a világszervezet Végrehajtó Bizottságának is tagja.

Örömmel regisztráljuk szolgálatunk elnökének e kiemelkedő WMO-megbízását, ami korábbi eredményes nemzetközi meteorológiai tevékenységének méltó jutalma, s sok sikert kívánunk neki az új funkciókkal járó megnövekedett feladatok megoldásában.

Tölgyesi I.

KLIMATOLÓGIAI MUNKAÉRTEKEZLET LENINGRÁDBAN

Az „*Építészeti tervezésnél alkalmazható normatív éghajlati jellemzők gyűjteménye*” c. (RGKNIR 21 [10]) témában közreműködő hidrometeorológiai és meteorológiai szolgálatok küldöttei 1975. szeptember 15—18. között munkaértekezletet tartottak Leningrádban. A munkában a CSSZK, az NDK, az MNK és a vendéglátó Szovjetunió delegációi vettek részt. Az üléseken *M. V. Zavarina* professzor elnökölt.

A megbeszélés tárgya a témakörben 1976—1980 során megoldandó feladatok kitűzése volt. Alapul véve egyfelől a koordinátor szovjet szolgálat előzetesen elkészített tervezetét, másfelől a delegátusoknak a témakörben, hazájukban elért eredményekről s a munkát késleltető tényezőkről szóló beszámolóit, a téma művelői a következő öt éves tervben az éghajlati normatív értékek közül a szél-, hó-, zúzmara-terhelés, valamint talajfagy-mélység jellemzőket, s a korróziós folyamatokban szerepet játszó nedvesség- és csapadék-karakterisztikákat állítják elő.

A munkaértekezlet — az 1976/77-re szóló — első feladatként az egyes mennyiségek egységes meghatározási módjának kidolgozását jelölte meg. A résztvevők módszertani vizsgálatát egy vagy több szolgálat szakértői végzik. A magyar meteorológiai szolgálat a korróziós folyamatokat elősegítő, mértékadó éghajlati jellemzők előállításának metodikai kérdéseit tisztázza. Az 1978—1980 évi részletes munkaterv kidolgozása a következő munkaértekezlet feladata lesz.

Wagner M.

*

TÖLGYESI ISTVÁN, A WMO MAGYAR TISZTVISELŐJE HAZATÉRT

Tölgyesi István, aki 1964. nov. 16-tól 1975. júl. 31-ig a Meteorológiai Világszervezet tudományos szaktisztviselőjeként Genfben dolgozott, a több mint tízévi eredményes nemzetközi meteorológiai ténykedés után hazatért.

Külföldi megbízatása során kezdettől fogva részt vett a világszervezet hat regionális asszociációjának munkájában; képviselte a WMO-t a Föld egyes régióinak különböző országaiban tartott üléseken. 1969-től a Meteorológiai Világszolgálat (World Weather Watch) programjában a globális adatfeldolgozó rendszer kialakításának kérdéseivel foglalkozott, majd 1973. jan. 1-től a WMO titkárságának Globális Adatfeldolgozó Rendszer Osztályát vezette. E minőségében fő feladata az Alaprendszerek Bizottságában (korábban: Szinoptikus Meteorológiai Bizottság) és a WMO egyéb testületeiben, az új alapokra helyezett, korszerű, nemzetközi-

leg egységes meteorológiai adatfeldolgozás koordinálásának elősegítése.

Hazatértével *Tölgyesi István* az OMSZ titkárságának tudományos főmunkatársaként, elsősorban a szolgálat nemzetközi tevékenységének irányításában vesz részt. A nemzetközi meteorológiai szolgálatban szerzett, sokoldalú szakmai tapasztalata, kiváló nyelvtudása, pontos, lelkiismeretes munkája – melyet a WMO főtitkára *D. A. Davies* is nagyra értékelt –, remélhetőleg hasznos és gyümölcsöző lesz szolgálatunk számára is.

Mohácsi M.

*

SZIMPÓZIUM A HOSSZÚTÁVÚ ÉGHAJLATINGADOZÁSOKRÓL

Az elmúlt évek során a környezetvédelem és a világlelelmzés a különböző nemzetközi fórumok gyakori témája volt. Minthogy mindkét terület szoros kapcsolatban van Földünk éghajlatával, jelentősen megnőtt az érdeklődés az éghajlat, és annak várható alakulása iránt. Így nem volt meglepetés, amikor a WMO és az IAMAP közös rendezésében az angliai Norwich egyetemén augusztus 18–23. között megtartott éghajlatingadozási konferencián a világ minden tájáról több mint kétszáz szakember jött össze, s hogy az ülésnek élénk sajtó-visszhangja is volt.

Az előadások a paleoklimatológiától kezdve a jelenlegi éghajlatingadozások statisztikai és modellszerű leírásán keresztül az éghajlat előrejelezhetőségének problémájáig a legújabb kutatások igen széles skáláját mutatták be. Jelentős volt az óceánok térségében folytatott vizsgálatok száma, melyek egyrészt a mélytengeri üledékek analízisére, másrészt a főbb tengeráramlatok időbeli változékonyságának felderítésére terjedtek ki. Ezek a beszámolók is alátámasztották a légkör-óceán kölesönhatás alapvető fontosságát éghajlatunk kialakításában.

Az elmúlt évezred éghajlatának meghatározásában igen jó detektor a fák évgyűrűinek szerkezete. Bár meglehetősen nagy azoknak a tényezőknek a száma, amelyek az évgyűrűk vastagságát, felépítését és radioaktivitását befolyásolják, mégis hasznos következtetések vonhatók le – éves pontossággal – a napsugárzás, csapadék, hőmérséklet időbeli változására.

Több előadó foglalkozott a *napállandó* igen-csak változókéony voltával, és sürgetik a fenti tényezőz légkörön kívüli folyamatos mérését. Ami pedig a napfolttevékenység és a napállandó kapcsolatát illeti, úgy találták, hogy növekvő napfolttevékenységgel a napállandó nő, de egy bizonyos határon túl ismét csökken. Ez a változás 2%-ot is kitesz. Az 1600-as évek elejéig visszanyúló napfolttevékenység-megfigyelések és a feltételezett napállandó-változások, továbbá vulkán-tevékenység okozta

sugárzáscsökkenés összevetésével *Schneider* és *Mass* (USA) igen jól tudta modellizálni az elmúlt évszázadok hőmérséklet-ingadozásait: az 1650 és 1700 közötti „kis jégkorszak”-ot, az 1800-as évek melegedését, majd 1880 körül az újabb lehűlést, sőt századunk első felének melegedését, majd 1950-től a hőmérséklet-csökkenést. Modelljük szerint 1968-tól újabb melegedés kezdődött, de ez eddig még nem igazolódott.

Sajnos, az általános cirkulációt legközvetlenebbül leíró légnyomáseloszlás ingadozásaira nem áll rendelkezésre megfelelő indikátor. Az ezzel kapcsolatos széleloszlásról is kevés információnk van.

Igen félrevezethetők lehetnek a rövid periódusú, fizikailag egyébként szinte megmagyarázhatatlan éghajlatingadozások, ha ezeknek – a régmúlt idők éghajlatát rekonstruálva – a szükségesnél nagyobb jelentőséget tulajdonítunk.

Az egész konferencia jellegét jól tükrözi *H. H. Lamb* professzornak – egyben a konferencia házigazdájának – egyik összefoglaló mondata: legfőbb feladatunk a múlt időjárásának rekonstruálása, bármilyen módszerrel, hogy tudományos alapunk legyen arra, hogy valamit is mondhassunk a jövőre. A záróülésen hozott ajánlás pedig arra kéri a WMO erre illetékes testületét, hogy – hasonlóan az időjárás-módosítással kapcsolatos hivatalos állásfoglaláshoz – az éghajlatingadozások kérdéséről is fejtsse ki véleményét.

A szimpóziium szervezése példaszzerű volt, elsősorban abban a tekintetben, hogy már a megnyitásra elkészült az előadások szövegét tartalmazó, több mint 500 oldalas kiadvány. Sajnos, ennek az ára nem volt benne az amúgy is magas részvételi díjban.

Ambrózy P.

*

LÉPP ILDIKÓ SZAKTISZTVEISELŐ A WMO-BAN

Lépp Ildikó, a Központi Előrejelző Intézet Közforgalmi Repülésmeteorológiai Osztályának vezetője, szaktisztviselői állást nyert el a Meteorológiai Világszervezetnél. Munkáját – 6 hónapra szóló szerződéssel – 1975. október 7-én kezdte meg a Globális Adatfeldolgozó Rendszer Osztályon, amelynek feladata a Globális Adatfeldolgozó Rendszer szempontjainak érvényesítése a Meteorológiai Világszolgálat bevezetésében, a regionális asszociációk és az Alaprendszerek Bizottsága tevékenységének támogatása az adatfeldolgozás területén, és közreműködés a WWW Globális Adatfeldolgozó Rendszer teljesítményének ellenőrzésében.

Lépp Ildikó az elmúlt 15 évben több mint félszáz nemzetközi rendezvényen vett részt, többek között a WMO Repülésmeteorológiai Bizottságának és a RA-VI Távközlési Munkacsoportjának ülésein, igazgatói konferenciákon,

valamint a Szinoptikus és Repülésmeteorológiai Munkacsoport ülésein. Így a rá váró nehéz, de nagyon szép munkakörben, szakmai tudása, nemzetközi ügyintézésben szerzett gyakorlata, szerény, mégis határozott emberi magatartása biztosítani fogja számára, hogy a Meteorológiai Világszervezetnél is jó munkaeerő és jó kolléga lehessen.

Mohácsi M.

*

VARGA-HASZONITS ZOLTÁN KANDIDÁTUSI ÉRTEKEZÉSE

Varga-Haszonits Zoltánnak, a Központi Előrejelző Intézet igazgatójának „Agroklimatológiai modell az őszi búza fenofázisainak meteorológiai jellemzése” címen benyújtott kandidátusi értekezését az MTA Tudományos Minősítő Bizottsága 1973. dec. 20-án vitára bocsátotta, s a jelöltnek a sikeres védés után a TMB Földrajzi és Meteorológiai Szakbizottsága a földrajzi (meteorológiai) tudományok kandidátusa minősítést teljes szavazatszámmal odaitélte.

Az értekezés két opponense *Erdei Péter*, a mezőgazdasági tudományok kandidátusa és *Jusztóczy János*, a mezőgazdasági tudományok kandidátusa volt, a bíráló bizottság elnöki tisztét

pedig *Pécze György*, a földrajztudományok doktora töltötte be.

A kidolgozott agroklimatológiai modell, azaz a fenofázisok és a meteorológiai elemek közötti matematikailag meghatározott kapcsolat olyan paramétereken alapul, amelyek a hazai növényfenológiai és meteorológiai adatsorokból előállíthatók. A jelölt mind a növényfenológiai, mind a fenofázisok meteorológiai adatsorának analízisét elvégezte, s ennek alapján megállapította, hogy az őszi búza fenofázisainak bekövetkezése és tartama szempontjából különösen a sugárzás és a hőmérséklet együttes hatása jelentős. Ez a hatás a jelölt által kidolgozott komplex érték, a radiotermikus index segítségével mutatható ki, s a sugárzás egyenlegre eső hőmérséklet-változásnak a növényekre gyakorolt hatását adja meg.

A kapott eredmények verifikálása azt mutatta, hogy a fenofázisstartamok e módszerrel igen jó közelítéssel határozhatók meg. A módszer az őszi búza érésének előrejelzésére különösképpen alkalmas; a kísérletek eredménye szerint minden második prognózis ± 2 nap hibával adja meg az érés időpontját. Ez a pontosság — kb. másfél hónapra szóló előrejelzésekről lévén szó — gyakorlatilag igen jó eredménynek mondható.

Lőrincz A.

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



75.3181 Athenaeum Nyomda, Budapest — Íves magasnyomás
Felelős vezető: Soproni Béla vezérigazgató

Előfizetés: egy 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

