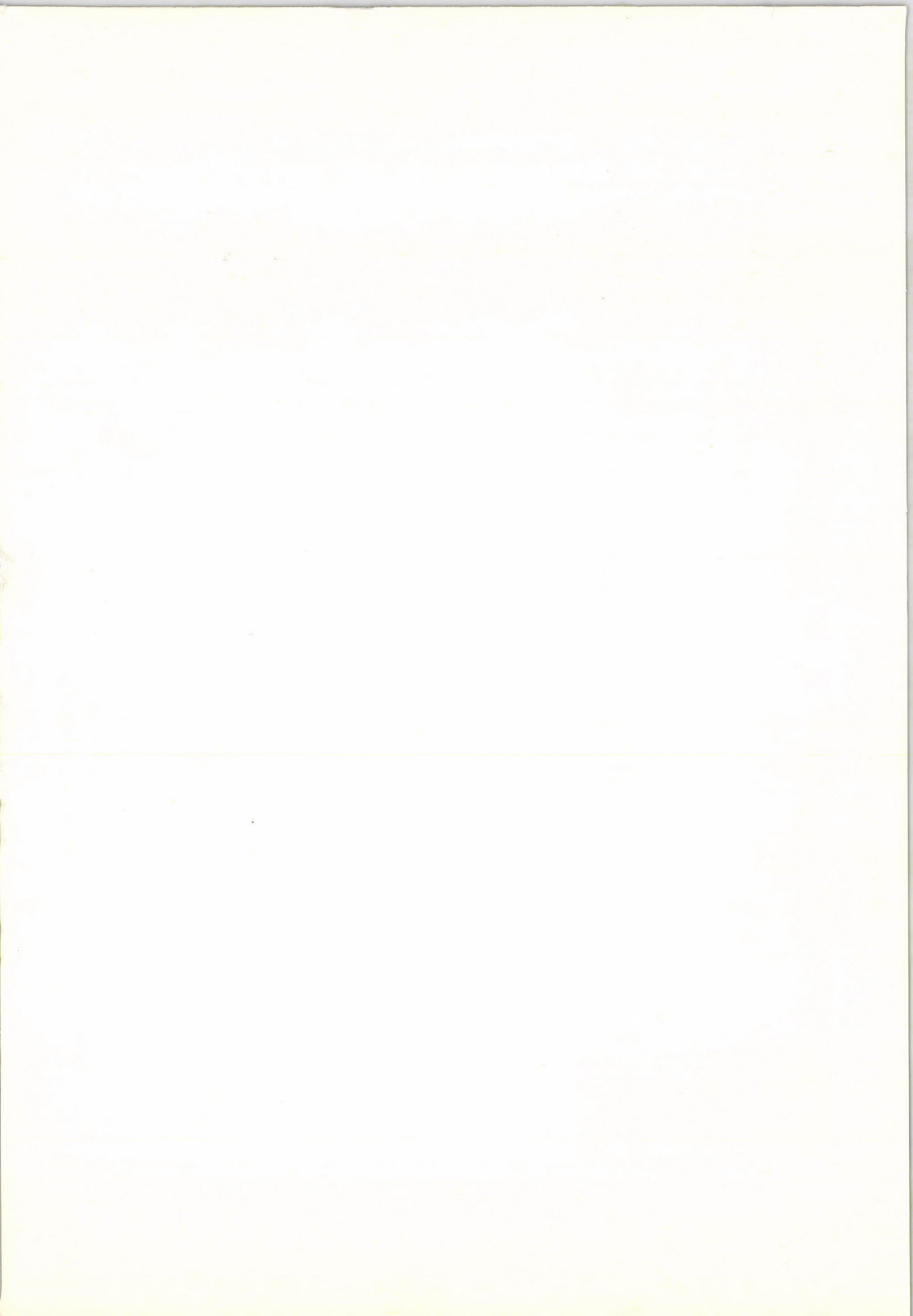


LÉGKÖR

XXX. évfolyam

1985. 1. szám





LÉGKÖR

Megjelenik negyedévenként

XX X. évfolyam
1985. 1. szám

Felelős szerkesztő:
Dr. Ambrózy Pál
a szerkesztő bizottság
elnöke

Operatív szerkesztők:
Dr. Csomor Mihály
Dr. Szabó Emilné

Szerkesztő bizottság:
Bóna Márta
Bozó Pál
Dunay Sándor
Haszpra László
Dr. Kozma Ferencné
Mezősi Miklós
Dr. Rákóczi Ferencné
Schirokné Kriston Ilona

Technikai szerkesztő:
Máthé Gyuláné

Grafika és tipográfia:
Kádiné Honyák Ágnes
Székényi Anikó

ISSN 0133-3666

A kiadásért felel:
Barát József, az OMSZ elnöke

Készült:
Az
Országos Meteorológiai Szolgálat
Házinyomdájában
1500 példányban
Évi előfizetési díja: 144,- Ft
Megrendelhető:
Az OMSZ Pénzügyi Osztályán
Msz: 85.249

AZ
ORSZÁGOS
METEOROLÓGIAI
SZOLGÁLAT
SZAKMAI
TÁJÉKOZTATÓJA

TARTALOM

A címlapon:

75 ÉVES AZ OMSZ KÖZPONTI ÉPÜLETE
(A felvétel a 10-es években készült)

Dr. Ambrózy Pál — Kozma Ferencné dr.: Interjú Dr. Zách Alfrédal	2
Dr. Ambrózy Pál: 75 éves az OMSZ központi épülete	7
Dr. Bodolai Istvánné: Ujabb eredmények a hidrometeorológiai és a hidrológiai előrejelzések terén	8
Dr. Bodolainé Jakus Emma: Hidrológiai egyenleg rövidtávú becslése	8
Takács Ágnes: Mennyiségi csapadék előrejelzések hidrológiai célokra	12
Homokiné Ujvári Katalin: Csapadék előrejelzések sajátos problémái	15
Mekis Éva — Dr. Szöllősi Nagy András VITUKI: Rövidtávú numerikus csapadékelőrejelzés a Kálmán-szűrő alkalmazásával	17
Schirokné Kriston Ilona: A valószínű maximális csapadék becslése	21
Olvastuk . . .	23
Bonta Imre: Az 1982. október elsejei nyugat-dunántúli intenzív csapadék-tevékenység szinoptikus feltételei	24
Kislexikon	26
Szalma Jánosné — Dr. Stollár András: Rendkívüliségek hazánk időjárásában 1984-ben	27
Olvastuk . . .	30
Dragovác Márk: A színes fotózás alapjai	31
Magyarország időjárása 1984. őszén	34



INTERJÚ

DR. ZÁCH ALFRÉDDAL

Ötven évvel ezelőtt, 1935 nyarán kopogtatott a Meteorológiai Intézet igazgatójának ajtaján egy fiatal tanár, Zách István Alfréd, azzal az eltökélt szándékkal, hogy eljegyezze magát a meteorológiával. Az eljegyzést hosszú „házasság” követte. Ennek néhány állomásáról nyilatkozott a Léggör számára Kozmáné dr. Tóth Erzsébet és dr. Ambrózy Pál kérdéseire.

— Hogyan került kapcsolatba a meteorológiával?

Talán furcsán hangzik, de nagyon régen, közel 60 évvel ezelőtt, szinte gyermekkoromban. Édesapám a Meteorológiai Intézet szomszédságában lévő Ganz-Villamossági gyárban dolgozott. Abban az időben még otthon dagasztották a kenyeret, és nekünk gyerekeknek kellett azt a pékhez vinni kisütni. Édesanyám ilyenkor mindig lángost is készített, és azt be kellett vinnem édesapámnak a gyárba. A lakatos műhely ablakai éppen az Intézet tornyára néztek. Én bámultam a torony tetején szüntelen, hol gyorsan, hol lassabban forgó szélkanalakat. Hazafelé menet bemerészkedtem az Intézetbe, ahol a kapusok igen barátságosan fogadtak; és mindig kaptam ajándékba egy-egy Időjárás Napijelentést. Nagy kincs volt az egy kislány számára. Ki gondolta akkor, hogy lesz idő, amikor nekem kell készíteni az Időjárás Napijelentést, később elkészíttetni. Egy idő múltán már bemerészkedtem az észlelőkertbe is. Baján és Écsy hivatalsegéd, majd Endrey Elemér észlelő magyarázott nekem, és idővel megengedték, hogy a talajhőmérőket leolvassam. Milyen büszkén mentem 10 év múlva reggel és délből „hivatatosan” is észlelni. Abban az időben nagy kitüntetés volt számunkra a klíma észlelésben részt venni. Volt eset, hogy Bacsó Nándor — aki meg volt bízva az észlelések ellenőrzésével — stopper órával a kezében várta az észlelőt a kertkapuban. A barométer-szoba, ahol a légnyomás leol-

vasása folyt, szinte szent helynek számított. A kertnek, a műszereknek ragyogniuk kellett. Réthly Antal igen szigorú volt ezen a vonalon, hiszen akkor még minden a klíma észlelés volt és a klíma feldolgozások. Ekkor tanultam meg, hogy minden operatív és tudományos munkának alapja a becslés, jó észlelés és ezeknek feldolgozása. A városmajori elemi iskola elvégzése után szüleim a Toldy Ferenc reáliskolába szerettek volna beiratni. Akkoriban minden becsléses munkásember vágya volt, hogy fiából különb ember legyen, és mérnöknek szerettek volna nevelni. Ez azonban nem sikerült éppen apám munkahelye miatt. Polgáriba kerültem, és közben szakmát kellett tanulni. A polgári kiváló végzése után osztályfőnököm javasolta szüleimnek, hogy taníttassanak tovább.

Közben ismét csak kísértett a meteorológia. Cserkész lettem egy igen lelkes csapatban, ami ismét nagy segítségemre volt. A cserkészlet tanított meg a természet és az időjárás szeretetére, a különleges időjárás események megfigyelésére. Kezembe került a Magyar Cserkész Könyvei sorozat között Öveges József tanár úrnak remek kis könyve, IDŐJÓSLÁS és IDŐMEGHATÁROZÁS, 40 oldalas, 1 koronáért. Rövid idő alatt szinte kívülről tudtam a benne foglaltakat. Közben állandóan foglalkoztatott az időjárás megfigyelése, és erről jegyzeteket készítettem. Öveges tanár úr azt mondta, ha a felhőket megismerem és megértem nyelvüket, az időjárás változásaira is következtetni tudok. Milyen fontos is-

meret volt ez a későbbiekben. Megtanultam már akkor az időjárási szabályokat és megismertem a népi hiedelmeket. Büszkén meséltem egyszer Öveges tanár úrnak ezt, amikor már igen jó barátságba kerültem vele, és az első meteorológiai televízió játékokat tartottuk.

Alig múltam 10 éves, amikor már kis barkács meteorológiai állomásom volt otthon. Készítettem széljelzőt, csapadékmérőt. Vettem egy maximum-minimum hőmérőt, és kaptam egy aneroidot, amire nagyon büszke voltam, ma is frásztalom fölött függ a falon. Igaz, sokat gúnyoltak cserkész koromban, hogy Utmann-féle időjelzőm van. Én voltam a cserkész táborok békája. Sokat tanultam barátom édesapjától is, Massányi Ernőtől, aki később az Intézet prognózis osztályának vezetője lett.

Nem kis nehézségek árán sikerült az V. kerületi Bolyai-reál iskolába beiratni szüleimnek. Itt azonban csak nagy szorgalommal tudtam pótolni a polgári és reál iskola közötti különbséget. Igen kiváló tanárok készítettek fel az életre: Lévy Ede matematikus igazgató, Kurucz György osztályfőnök, Fröhlich Izidor fizika tanár, Galamb Sándor magyar tanár, Nagy József Béla nyelvész.

Érettségi után az akkori igen nehéz gazdasági viszonyok nem tették lehetővé, hogy azonnal az egyetemre iratkozzam. Bevonultam katonának, és két évi szolgálat után mint katona, sikerült az egyetemre kerülnöm, a bölcsészettudományi karra. Közben beiratkoztam a Kö-

zépiskolai Tanárképző Intézetbe, ami végzés után tanári diplomát jelentett. Sajnos, abban az időben meteorológiai oktatás nem volt, így a földrajz szakot vettem fel, ahol Cholnoky Jenő professzor tanítványa lehettem. Cholnoky professzor igen nagy előszeretettel és lekesen adott elő és magyarázott az éghajlati és időjárási kérdésekről. Ez természetesen nagy hatással volt a hallgatóságra, így rám is. Sikerült azonban magántanárokat is hallgatnom: Homoródi Anderkó Aurélt, Kéz Andort, Steiner Lajost és Száva-Kováts Józsefet. Ez utóbbi igen sokat segített, kiváló előadásai nagyon sokat jelentettek.

Szakedolgozatom éghajlati vonatkozású volt. Engedélyt kaptam, Marczell György akkori igazgatótól, hogy az adatok kiírásáért bejárassak az Intézetbe. Megbízta Réthly Antal igazgatóhelyettest, hogy segítségemre legyen és irányítson. Réthly igen szigorú és igényes volt velem szemben és így megtanultam, hogy az adatokat szigorú kritikai elbírálásban részesítsem.

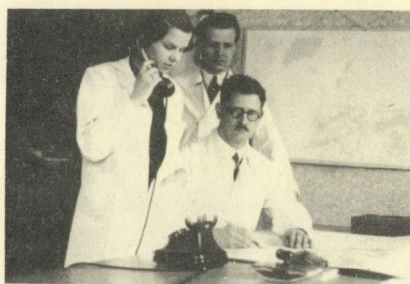
1935-ben, éppen ötven évvel ezelőtt, tanári oklevéllel a kezemben, jelentkeztem Réthly Antal igazgatónál. Akkoriban az Intézet a Földművelésügyi Minisztérium felügyelete alá tartozott, közvetlenül a Kísérletügyi Intézetek főosztályához. Ennek rendkívül kötött státusza volt, és nagyon nehéz volt ide bekerülni. 1936 októberében, mint középiskolai tanár, észlelő, kisegítő szakmunkás nyertem alkalmazást. Az észlelésért szobát kaptam az Intézetben. 1937-től már rapidíjas lettem. 1939. augusztus 1-én a Mezőgazdasági Tudományos és Kísérletügyi Intézmények tisztviselőinek létszámába ideiglenes minőségű m.kir. mezőgazdasági kísérletügyi gyakornokká neveztek ki. Talán mulatságos ma már ez a hosszú cím és az igen nehéz kinevezés, de így volt. 1940-ben már végleges gyakornok, majd asszisztens, 1941-ben adjunktus, 1943-ban osztályvezető helyettes lettem. Ekkor már igen gyorsan mentem előre az akkor úgynevezett „számárlétrán”.

Mivel szívem az előrejelzés vonalára húzott, ott kaptam beosztást. Mint említettem, abban az időben az éghajlatkutatás volt az Intézet fő feladata, ezért minden tudományos munkatárs – alapfeladata mellett – egy-egy éghajlati elem feldolgozásával volt meg-

bízva. Én a felhőzet feldolgozását végeztem 100 állomásra. Ez aránylag igen elhanyagolt elem volt. A tudományos feldolgozást azonban csak munkaidőn kívül végezhattuk. Elhatároztam, hogy Magyarország borultsági viszonyaival foglalkozva, ebből fogok doktorálni. Ezt Réthly igazgató igen jónéven vette és nagy segítséget nyújtott ebben. Igaz, hogy sokszor szóváltette, amikor találkoztunk, hogy „mi van kolléga úr a dolgozatával?” 1942-ben Kolozsvárott voltam repülő-meteorológus, így az ottani Ferencz József tudományegyetemen doktoráltam és avattak. Milyen büszke voltam, hogy ezen részt vett Réthly Antal is. Munkám 1943-ban Magyarország Éghajlata sorozatának 2. számaként: „A FELHŐZET ELOSZLÁSA MAGYARORSZÁGON” címmel jelent meg.

– Hogyan illeszkedett be az Intézet munkájába?

Amikor bekerültem a prognózis osztályra, az akkor mindössze 3 szakemberből állt, élén Aujeszky Lászlóval, továbbá 5 fő rádiótávíráss. A magyar észlelési anyagot telefonon kaptuk a főpostáról. A külföldi anyagot rádió, morze-távíratok útján gyűjtöttük. A szinoptikus térképeket magunk rajzoltuk, naponta hármat, egyet az esti szolgálat alatt, amelyikbe besegítettek a többi osztály dolgozói. Nagy előny volt, hogy magunk is rajzoltuk a térké-



Aujeszky László (ül), Hentz Kató és Zách Alfréd

peket, nemcsak analizáltuk, hiszen mintegy benne éltünk Európa időjárásában. Hamar rájöttem, hogy nincs két egyforma időjárási térkép. Nagy élmény volt naponta délben részt venni az időjárás megbeszélésében és az elő-

rejelzés kiadásában. Ezt Aujeszky vezette, de részt vett Tóth Géza és Béll Béla az aerológiai osztályról és Berkes Zoltán a klíma osztályról (később táv-előrejelző osztály). Olykor megjelent Hille Alfréd a Repülő Időjelző Központból, hiszen ez az Intézetben volt elhelyezve. A Távirati Irodának adtuk le telefonon a déli jelentést és előrejelzést. Ugyanakkor mi magunk írtuk és rajzoltuk az Időjárási Napijelentést. Ezt azután a Földművelésügyi Minisztérium könyvnyomtatási nyomdája készítette el. 13 órára kezünkben volt a Bulletin.



Időjárás-felderítés előtt

Mint fiatal szakembernek, minden más munkában is részt kellett vennem, így az észlelésekben, pilotozásban, ballon-szonda felszállásokban, csapadékmérő és hőjelentő állomások szervezésében és ellenőrzésében. E mellett képezni is kellett tovább magunkat, valamint egy-egy cikket, dolgozatot írni. Rendszeresen részt vettem a Meteorológiai Társaság ülésein, amelyek nem voltak gyakran, de igen kiváló tudós személyek jelentek meg más szakterületekről is, olykor igen szép számmal.

Amikor a háború szele már igen közel járt, a légierők egyre fejlődtek és ezzel együtt a repülő időjelző szolgálat is. Többfázisú hosszabb-rövidebb ideig repülő meteorológusi szolgálatot kellett teljesíteni, főleg a budaörsi repülőtéren. Itt részt vehettem nagyon gyakran a magassági repülőgépes felszállásokban. Remek felhőtanulmányokat lehetett itt végezni. Nap mint nap a

legrosszabb időjárási helyzetben is fel kellett szállni. Rendkívül nagy segítséget nyújtott ez a napi időjárási előrejelzésben. Emellett remek élmény volt, amikor áttörve vastag felhőtakarókat, ragyogó napsütésben, igen tiszta levegőben feltűntek a Magas-Tátra csúcsai. A repülőgéppel magunkkal vitt meteorográf azonnal kiértékelhető volt és felhasználható az előrejelzésnél. Mind ezt Hille ezredes tette lehetővé számunkra.

Sajnos, a háború igen súlyos pusztítást okozott emberben, épületben és műszerekben. Megakadt a jó nemzetközi együttműködés.

1945-ben Tóth Géza lett a prognózis osztály vezetője és én lettem a helyettese. Igen szigorú, de igazságos ember: élvezet volt vele dolgozni. Amikor 1948 áprilisában Réthly Antal után Tóth Gézát bízták meg az Intézet vezetésével, én lettem az osztályvezető. Tóth Géza után én kaptam meg a „Kiváló Munkáért” kitüntetést, és ezzel az élmunkások sorába léphettem. Tóth Géza rendkívül nagyarányú korszerűsítést indított meg a szinoptikus szolgálatban. Ekkor vált lehetővé először főfoglalkozású észlelőket alkalmazni. Megindult hazánkban a polgári repülés. Észlelői tanfolyamok kezdődtek. A megindult nemzetközi adatszolgáltatás jól képzett rádiósokat igényelt. A létszám ugrásszerűen megnövekedett. Vidéken egyetemi tanárok segítettek az észlelőhálózat újjáépítésében. Így Debrecenben Berényi Dénes, Szegeden Wagner Richárd, Sopronban Botvay Károly, Keszthelyen Vladár

Endre.

Mint osztályvezetőnek, olyan kiváló munkatársaim voltak, mint Bodolai István, Kallós Imréné, Ozorai Zoltán. A technikai gárda is kiváló volt, sokukból később vezető munkatársak lettek.

Sajnos, a törvénysértési időszak bennünket sem kímélt meg. 1950 nyarán Tóth Géza igazgatót koholt vádak alapján letartóztatták. E kiváló, nagy tudású, igen lelkes, több nyelvet beszélő vezető elvesztése rendkívül megviselt bennünket, és erősen visszavetette a fejlődést. Tóth Géza már nem jött vissza az Intézethez. Sok nehézséggel kellett szembenéznünk, amelyektől azonban megszabadított a Honvédség, mert átvette az Intézet felügyeletét. 1950 decemberében mint parancsnok, vette át az Intézet vezetését dr. Dési Frigyes alezredes, a honvédségi meteorológia vezetője.

Új élet kezdődött, és egy soha nem képzelt fejlődés indult el. Életemben is óriási változás következett. Dési Frigyes alezredes mellé, mint polgári helyettest, engem nevezett ki a Honvédelmi Miniszter igazgatóhelyettesnek. Ez részemre nem volt könnyű változás. Ott kellett hagynom szerelmemet, a szinoptikát, amit oly nagyon szerettem.

Később, amikor a Honvédség felügyelete már bizonyos fokig nehezítette munkánkat, nekem kellett tárgyalni, hogy a Minisztertanács közvetlen felügyelete alá tartozzék az Intézet, hiszen oly sokrétű feladatokat kellett megoldani, amit egy minisztérium

nem volt képes áttekinteni. Ez természetesen további fejlődésnek vetette meg az alapját.

Dési Frigyes óriási tervekkel kezdte szervezni a magyar meteorológiai szolgálatot. Szerintem ez lett a magyar meteorológiának harmadik igen nagyarányú fejlődése, Konkoly-Thege Miklós és Réthly Antal után. Ebben a munkában kellett segítséget nyújtanom. A kezdet igen nehéz volt, hiszen az Intézet még nem heverte ki a háborús károkat. Romokban volt a könyvtár, mert akna-találatot kapott, a Tóth Géza által megkezdett aerológiai obszervatórium még nem készült el. Az Intézetben számos lakást kellett felszabadítani, létszámot kellett biztosítani, műszereket beszerezni, a központi épületet tatarozni.

Húsz éven át voltam igazgatóhelyettes Dési Frigyes mellett. Mindvégig feladat volt a költségvetések és beruházások bonyolítása, a dolgozóknak lakások biztosítása. Egymás után épültek fel a síófoki, a martonvásári, a kecskeméti és a keszthelyi obszervatóriumok, a kékestetői pedig közös beruházás volt a Közlekedésügyi Minisztériummal, a légiforgalom biztosítása érdekében. A 2. rádiószondázó állomást Szegeden, az ionoszféra állomást Békéscsabán létesítettük. Dolgozóinknak üdülőt kellett biztosítani a Balaton mellett.

Az operatív feladatok mellett elhatároztam, hogy mindent megteszek a meteorológia népszerűsítéséért. Pályafutásom alatt láttam, hogy a nagyközönség előtt a meteorológia eléggé ismeretlen tudomány, igen nagy a tájékozatlanság és sok a tévhit az időjárási eseményekkel szemben. Mindezen segíteni lehetett népszerű kiadványok terjesztésével, hiszen bőven volt erre szakember. E tekintetben Massányi Ernő és Aujeszky László voltak tanítómestereim. Egymás után jelentek meg a kis- és nagyobb népszerű kötetek. Sikerült a rádióban a „természet naptára” és a „néhány perc tudomány” rovatokban a meteorológiát ismertetni. Dia-filmeket adtak ki a meteorológiáról. Az 1953-ban megjelent BALATONI SZÉL kis kiadványról Lakatos Vince filmrendező népszerű játékfilmet készített a „Nap játszik a Balatonnal” címmel. Az Élet és Tudomány meginduló tudományos népszerű heti folyóiratban szerkesztőbizott-



A Prognózis Osztály a 40-es évek végén

sági tagként működött Dési Frigyes, majd 1956-tól jómagam. Szorgalmaztam a LÉGKÖR szakmai folyóirat megindítását, a Magyar Meteorológiai Társaság fellendítése érdekében pedig a vándorgyűlések megszervezését. Ezek sikeréről, úgy vélem, nem kell külön említést tenni, hiszen immár a 23. vándorgyűlést készítik elő. Családi szálak fűztek Pozsonyhoz, nagyszüleim itt születtek. Szorgalmaztam a jó kapcsolatok megteremtését a szlovák meteorológusokkal. Ugy vélem, ez sikerrel is járt, hiszen Konksek professzor, majd Petrovits, Dancs, később Samaj igazgatók barátaink lettek. 1985-ben immár a 9. közös vándorgyűlésre kerül sor.

— Mégis mi volt az, amiért a legtöbbet fáradozott és a legnagyobb örömet okozta?

Mindig a Balaton szerelmese voltam, de sohasem gondoltam, hogy ezért oly sokat tehetek. A Hille Alfréd és Tóth Géza által megindított balatoni viharjelzést a háborús események alaposan megtépázták. Az üdülés egyre fejlődött, de sajnos, egyre több áldozatot követeltek a hirtelen keletkezett viharok. Nem lehetett Budapestről megbízhatóan a viharokat előre jelezni. Magam is, mint az előrejelző osztály vezetője, sok nehézséggel küzdöttem. Sikerült 1951-ben Siófokon a part mentén épült volt MAC székházban,



Munka közben



Dési Frigyesel

ami akkor a Nemzeti Színház üdülője volt, egy toronyszobát biztosítani a viharjelzések számára. Most már felváltva mehettek le a szinoptikusok a viharjelzést ellátni. Nagy fejlődés volt ez, hiszen már géptáviró összeköttetés is működött az Intézettel. Ottjártamkor láttam, hogy a Sió-csatorna rendezésével a siófoki móló nyugati oldalán hatalmas feltöltést létesítenek, amely mélyen belenyúlik a Balatonba. Ezzel egy mesterséges félszigetet hoztak létre. Láttam, milyen gyönyörű innen a kilátás és ez lehet Tihanyon kívül a Balaton legszebb pontja. Ide kellene építeni egy meteorológiai állomást. Milyen boldog voltam, amikor sikerült a Siófoki Tanács és a Vízügyi hatóság beleegyezését megnyerni, hogy ezen a helyen épüljön fel az Országos Meteorológiai Intézet viharjelző és kutató obszervatóriuma. Mód nyílt e terv megvalósítására. Nagy segítségemre volt ebben Zoltán Béla főmérnök és Keresztes Ferenc technikus, régi siófoki észlelő. Dési Frigyes is nagy megértéssel támogatta elképzelésemet. 1953-ban megvolt a helykijelölés, Molnár Péter és Albert Jenő kiváló építésmérnökök segítségével igen szép terv készült. 1954-ben már megkezdődött az építkezés. Igaz, ez nem ment símán, sok utánajárásba és nagy erőfeszítésekbe került, hogy menjen a munka. Segítséget jelentett az akkori Építésügyi miniszternek, Trautmann Rezsőnek támogatása. A siófoki viharjelző és kutató állomás a déli part legszebb helyén a Balaton egyik ékessége lett, csodálatosan szép tornyával. 1957-ben már üzemelt. Sikerült megszerezni és felállítani a parkban az egyik legszebb balatoni képzőművészeti alkotást, Borsos Miklós szobrászművésznek „balatoni napfény” szobrát. Talán nem túlzás, hogy Európában ez a legszebb viharjelző állomás. Számtalan külföldi meteorológus csodálta már meg.

Milyen öröm most látni ennek a népszerű, kiváló szolgálatnak a működését, ami nem kis mértékben köszönhető Böjti Bélának és munkatársainak. Nagy terveink voltak egy, a Bakonyi-tetőn, a Kőrishegyen létesítendő hegyi obszervatórium felépítésére, ami jelentősen segítette volna a siófoki obszervatórium működését. Háromszor is jártunk fent a csúcson, sőt én szélméréseket is végeztem, megállapítva, hogy

ez a hely hazánk legszelebb pontja. Kétfőben Hille Alfréd is velünk mászta meg a hegyet. Sajnos, ezt a tervünket megvalósítani nem sikerült, amint egy kutató kis hajó kivitelezését sem.

— Mi volt még a nagy tervek között, ami sikerült?

A szinoptikus intézet, a mai KEI. Ennek megvalósítását igen heves viták előzték meg. Hol legyen? Számos elgondolás merült fel és helykijelölés történt. Évekig húzódott a döntés. Végül azt a feladatot kaptam, hogy csak is szabad helyen legyen, nagy házaktól távol, közel a repülőtérhez és a már meglévő aerológiai obszervatóriumhoz. Így azután sikerült a XVIII. kerületben, a Tatabánya-téren igen szép és megfelelő helyet biztosítani. Sok és nagy küzdelem volt a tervezőkkel, de még több azután a kivitelezőkkel. Mindez néhány álmatlan éjszakát követelt, de végre sikerült, úgy vélem, egy reprezentatív épületet megvalósítani. Jutalmul, ennek én lettem első igazgatója. Sajnos, már kiköltözni nem tudtam, mert nem készült el időben. Megkezdtem nyugdíjas éveimet.

Terveim közt szerepelt még egy múzeum létesítése. Amikor a Meteorológiai Intézet központi épülete 1910-ben elkészült, Konkoly-Thege Miklós igazgató múzeumot is létesített a földszinten, ami a háború után kultúrterem lett. Már a Milleniumi Kiállításon 1896-ban szerepelt az Intézet igen szép anyaggal, és ez volt az alapja az 1910-es múzeumnak. 1911-ben nyitották meg több külföldi meteorológiai igazgató jelenlétében. Sajnos, a háborús események során a múzeum tönkrement és azóta sem sikerült helyreállítani. Bízom azonban abban, hogy az utódok ismét megvalósítják, hiszen ezzel tartoznak a jövő nemzedékének. Különben is a tudománytörténet ma már minden tudományágban egyre nagyobb szerepet játszik.

— Mint nyugdíjas, elégedettnek érzi magát?

Nagyon, hiszen jó egészségnek örvendek. Nyugdíjazásomra már módszeresen jó előre készültem. Önmagammal és a világgal harmóniában élek, kiegyen-

súlyozott lelkiületűnek tartam magam. A meteorológiától, az időjárástól — hiszen az mindig van — nem lehet elszakadni, mint említettem, ez gyermekkoromtól hobby-m volt. Nekem szinte első otthonom mindig az Intézet volt. 42 éves igazolt munkaviszonyomat az Intézet kötelékében töltöttem. Ha rövid időre a háború előtt és közben el is vittek katonának, ott is meteorológus voltam. Gyakorlatilag végigéltem egy korszerű meteorológiai szolgálat fejlődését és alapjainak megteremtéséhez, úgy érzem, némileg én is hozzájárultam.

Mindig azt csináltam, amit szerettem, hát hogyne lennék boldog ember és megelégedett. Ha még egyszer kezdeném, akkor is meteorológus lennék. Hogy miért? Ez a legnemzetközibb tudomány. A légkör nem ismer határokat. A meteorológusok mindig békességben élnek. Ők az igazi békeharcosok. Még egymás nyelvét sem kell ismerni, hiszen a számok nyelvén beszélhetnek, a számok pedig minden nyelvben egyformák.



A 85-ik születésnapját ünneplő
Hille Alfréddal

Álmaim álma volt a meteorológia népszerűsítése, néhány korszerű szép létesítmény létrehozása, kiemelném a szinoptikus intézetet (KEI), ahol egyre megbízhatóbb előrejelzések készülnek, és a síófoki obszervatóriumot, ahol korszerű viharjelzés folyik az emberek biztonsága érdekében. Ezek az álmaim megvalósultak.

— Mivel foglalkozom és mivel töltöm az időmet?

Az időjárási Napijelentés, ami nem sokat változott az idők folyamán, immár

60 éve legkedvesebb napi olvasmányom. Gyűjtöm az időjárási rendkívüliségekről szóló feljegyzéseket és leírásokat, amelyek rendkívül tanulságosak, szórakoztatóak és érdekesek. A Balatont mindig nagyon szerettem, és ezért főleg az erre vonatkozó időjárási érdekességeket gyűjtöm. Gyűjteményem van az időjárási néphitekből, hiszen rendkívül gazdag kincsesbánya ez. Öröm látni e tudományszak lendületes fejlődését, amit nekem már megérteni olykor nehéz és már nem is lehet.

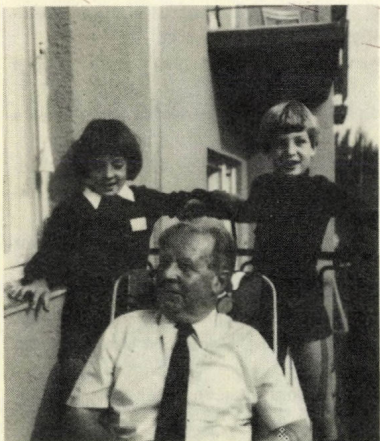
Otthon unokáimmal — két kisfiú és egy kisleány — igyekszem az időjárást megszerettetni és mindig megértetni. Sokat járok a természetbe, és szüntelen figyelemmel kísérem az időjárást, különösen, ha szélsőségekre hajlik. Szeretem az embereket, a fiatalokat, és sokat vagyok közöttük. Példaképeim, akiktől igen sokat tanultam és akiknek sokat köszönhetek, Tóth Géza, Aujezky László, Hille Alfréd és Réthly Antal. Szívesen bejárok még az Intézetbe, ahol most is otthon érzem magam.

— Tudjuk, hogy sok érdekes eseménynek volt részese pályafutása alatt. Kérjük, legalább egyet mondjon el közülük.

Mint meteorológus, egyszer „miniszter” voltam, igaz, aránylag rövid ideig. Az eset nem is oly régen történt, amikor élt még Kunffy Lajos festőművész Somogytúron, Losonczi Pál, pedig az elnöki tanács elnöke akkor még Földművelésügyi miniszter volt.

Mint a Meteorológiai Intézet igazgatóhelyettese, hivatalosan Somogytúron jártam és a tanácsitkárt, Kiss Aladárt kellett felkeresnem. Ő türelmet kért, mondván, valamit el kell intéznie, de én menjek át, a szomszédban van Kunffy Lajos bácsi — aki már a 90. évét is elhaladta — híres képkiállítás a régi kis kúriájában. Én a nagy fekete hivatalos kocsival odamentem a kúria elé. Amikor a kapu kinyílt, bementem. Elém jött egy nagyon idős öregúr, barátságosan üdvözölt, mint minisztert. Én nem vagyok miniszter, mondtam, de Ő nem tárgyalt. Bevezetett a nagy terembe, ahol szebbnélsebb képei voltak kiállítva, és csak magyarázott a miniszter úrnak. Igen kellemetlen volt, nem is tudom, mit gondoltam... Alig vártam barátom, a ta-

nácstitkár érkezését. Végre megjött. Odahajoltam hozzá és mondtam neki, hogy miniszter vagyok. Hirtelen bocsánatot kért és Lajos bácsi fülébe kiabált, hogy nem Ő a miniszter, hanem a Meteorológiai Intézet igazgató-helyettese. Ugyanis Lajos bácsi erősen süket volt. Az öregúr ekkor levette nagykarimájú, kalapját, levette kesztyűjét, és ismét kezét fogott, és most már mint édes öccsét üdvözölt. Kissé



Unokái körében

elgondolkozva mondta: hogy „éppen 51 évvel ezelőtt járt itt dr. Réthly Antal, a későbbi igazgató, mert kertemben esőmérő műszer volt. Oly érdekes arc volt, hogy azonnal lefestettem és igen jó barátságba kerültünk.” Én azonnal mondtam, hogy emlékszem erre a képre, hiszen ott függött az igazgatói irodában, íróasztala fölött. A kép ma a család birtokában van. Lajos bácsi bevitt a lakosztályába, bemutatott feleségének és megkínált kávéval. A különös fogadtatás oka az volt, hogy éppen aznapra várták látogatóba Losonczi Pált, aki akkor még a földművelésügyi miniszter volt. Én a nagy fekete kocsival odaérve, megtevesztetem az öregurat. Ekkor kapta meg Kunffy Lajos a munkaéremrend arany fokozatát. Sajnos, nemsokára meghalt. Így lehettem, mint meteorológus, ha nem is hosszú ideig — „miniszter”.

Dr. Ambrózy Pál,
Kozma Ferencné dr.

75 éves az OMSZ központi épülete

Az immár 115-ik évében járó önálló hazai meteorológiai szolgálat életében kiemelkedő volt az 1910-es esztendő, hiszen ekkor készült el az intézet első, azóta is fennálló székháza. Mielőtt a 75 évvel ezelőtti állapotot ismertetnénk, érdemes az azt megelőző negyven esztendőn is végigfutni.

1870-ben az intézet létszáma mindössze 3 fő volt, így könnyen elfért a Várban a mai Tóth Árpád sétány és a Móra Ferenc utca sarkán álló ház néhány szobájában (a ház falán ma emléktábla hirdeti az intézet megszületését). Két év után tágasabb helyen, a közeli Lovas út 66. alatti villában találjuk az intézetet, ahol 20 évig maradt. Bár itt a mérések végzésére több hely volt, igazi obszervatórium nem alakulhatott ki. Az egyre szűkösbbé váló épülethől 1890-ben Ógyallára kerültek a földmágnességi műszerek, ahol ezt követően — elsősorban Konkoly Thege Miklós fáradozásainak köszönhetően — sikerült megteremteni az első meteorológiai és földmágnességi obszervatórium alapjait. Az avatásra 85 évvel ezelőtt, 1900. szeptember 30-án került sor. Közben a pesti intézet is tágulhatott, de még mindig bérelt helyen, a Fő utca 6-ban. Ez maradt az intézet központja 1910-ig. Ami pedig az új épületet illeti, idézzük az intézet 1910. évi működéséről szóló „Jelentés” erre vonatkozó részét:

Az új épület leírása

„Meteorológiai intézetünk 1910. április havában elkészült új épülete mindazokat az igényeket fényesen kielégíti, amelyeket egy modern, tudományos intézettel szemben támaszthatunk.

Az épület maga kincstári telken, a budai II. kerületi Kis-Rókus- és Intézet- (1914-től Kitaibel Pál-) utca sarkán épült s a budai változatos domborzati viszonyok között, a Kis-Rókus-hegy lábánál, az épület északi oldalán kertes villáktól határolt eléggé szabad területen fekszik.

Az épületnek a Kis-Rókus-utca felé 3, az Intézet-utca felé pedig 2 emeletes homlokzata van, ezen az utóbbi oldalon van az intézet főbejárata, míg a mellékbejáró a Kis-Rókus-utca felőli oldalra esik. Az épületnek díszes homlokzata a szemlélőre középkorú benyomását teszi, 3 torony-nyel kiképezett stílszerű tetőzet és megfigyelésekre szolgáló terrasz alkotják a méltó befejezést. Az intézettel egy épületben talált elhelyezést a m. kir. rovar-tani állomás, amely az épületnek északkeleti (Petrezselyem-utcai) frontját foglalja el...

A főbejárón át tágas vesztibüle és innen a főlépcsőházba jutunk, melyből jobbra és balra úgy a földszinten, mint az emeleteken tágas, világos, fűthető folyosók nyílnak, a különböző helyiségek bejárataival.

Az első emeleti folyosón csillagászati óra, egy Richard-féle barográf és a szélregisztrálók receptorai vannak elhelyezve.

A földszinten foglal helyet egy nagy teremben az amerikai rendszerű könyvszekrényekkel felszerelt könyvtár, olvasószoba és könyvtárosszoba, a meteorológia és csillagászati múzeum nagy terme, 2 szoba bentlakó nőtlen tisztviselők részére, akik a terminus észleléseket végzik, a főbejárat mellett a portásfülke s a Kis-Rókus-utcai oldalon a műszaki tiszt lakása.

Az első emeleten az igazgató hivatalszobája előszobával, műszer-szobával, laboratóriummal és feketeszobával, melette a tágas tanácsterem, előszoba, aligazgatói hivatal-szoba, majd a 2 helyiségből álló igazgatósági iroda, irattár és egy gondnoki lakás.

A második emeleten vannak az intézet egyes osztályai elhelyezve tágas irodahelyiségekben és pedig délről északnak haladó sorrendben: a) Ombrometriai osztály (3 irodahelyiség, egy nagy és egy kisebb irattár, előszoba), b) Zivatar osztály (2 irodahelyiség, egy irattár), c) Regisztráló osztály (2 irodahelyiség, egy irattár), d) Klimatológiai osztály (5 irodahelyiség, egy irattár, egy barométer-szoba s egy előszoba), e) Prognózis osztály (3 irodahelyiség, egy irattár és egy előszoba). A lépcsőházból mellékajton a toronyhelyiségek csigalépcsős feljárójához jutunk. A toronyban van ugyanis egymás fölött két tágas toronyszoba, melyek közül az alsó aerológiai célokra van berendezve, míg a felsőben a terrazon elhelyezett regisztráló műszerek receptorai vannak.

A torony tágas terrazonban végződik, itt vannak felállítva a különböző rendszerű anemográfok, egy napsütésregisztráló, inszolációs hőmérő s egy külön házikóban teodolit, a feleresztett pilottonok követésére.

Az új épület északkeleti oldalán, ugyancsak kincstári telken, van elhelyezve a meteorológiai műszerpark. Itt vannak mindenekelőtt a különböző rendszerű hőmérőházikók, esőmérők és csapadékregisztrálók, talajhőmérők, párolgásmérő stb., amely berendezés hivatva van a fővárosban már rég hiányzó meteorológiai obszervatóriumot pótolni.”

Irigység töltheti el az olvasót, hogy 75 éve milyen korszerű és tágas környezetben dolgozhattak elődeink, akik akkor mindössze 24-en voltak. (Ma alig nagyobb alapterületen több, mint ötször annyian dolgoznak).

Az épület a II. világháború alatt komoly károkat szenvedett, eltűntek a dísz-toronyok és más formában épült újjá az észlelő-torony is. Az azóta eltelt 40 évben Szolgálatunk oly sokat fejlődött, hogy itt néhány mondatba aligha lehetne sűríteni. Helyette következő számunkban fogunk részletesebb összefoglalást adni.

A tisztes korú központi épület megérett arra, hogy külső-belső csinosításnak vessék alá, sajnos a 75-ik évfordulóra ez nem valósulhatott meg.

Dr. Ambrózy Pál

ÚJABB EREDMÉNYEK A HIDROMETEOROLÓGIAI ÉS A HIDROLÓGIAI ELŐREJELZÉSEK TERÉN

BEVEZETÉS

Az emlékeztető 1970. évi Tiszavölgy-i árvíz óta gyümölcsöző kapcsolat alakult ki a VITUKI hidrológiai előrejelzéssel és vízgazdálkodással foglalkozó operatív és kutatási szakterülete, valamint az OMSZ megfelelő csapadékszínoptikai, hidrometeorológiai szakterülete között.

A csaknem másfél évtizedes kapcsolat egyik megnyilvánulása volt, az 1984. június 14-én „Újabb eredmények a hidrometeorológiai és hidrológiai előrejelzések terén” címmel tartott ankét.

Az ankét meteorológiai előadásai összefoglalták a hidrológiai célú mennyiségi csapadékelőrejelzések terén elért újabb eredményeket, de kitértek a hidrológiai gyakorlat más területein — tervezés és vízgazdálkodás — fontos témákra is.

A hidrológiai előadások figyelemreméltó beszámolók voltak a különböző módszerek — sztochasztikus és determinisztikus — alkalmazásával kidolgozott hidrológiai előrejelző modellekről. Példákon mutatták be, a mennyiségi csapadékelőrejelzések felhasználását a hidrológiai előrejelzési modellekben.

Az előadásokat mindkét témakörben nyílt és kötetlen vita követte. Az eszmecsere mindkét szakterület számára hasznos ötleteket, problémákat vetett fel.

Tekintettel a téma és az elhangzott előadások fontosságára, a Légkör Szerkesztő Bizottsága vállalta a meteorológiai tárgyú előadások publikálását. Megjegyezzük, hogy az előadások közül néhány, pl. Mekis Éva: „Numerikus sztochasztikus csapadékelőrejelző modell” című dolgozata, valamint Bodolainé Jakus Emma tanulmánya, a szakajtóban még nem publikált új kutatási eredményekről nyújt áttekintést. Homokiné Ujvári Katalin munkája szintén tartalmaz, eddig még nem publikált kutatási eredményeket.

Az alább következő tanulmányokat azzal a megfontolással bocsátjuk közre, hogy a Légkör szélesebb olvasó tábora is tájékozódjék a meteorológia e speciális és a gyakorlatban igen fontos szakterületén elért hazai eredményeinkről.

dr. Bodolai Istvánné

A hidrológiai egyenleg rövidtávú becslése

Bevezetés

E tanulmányban összefoglaljuk a hidrológiai egyenleg rövidtávú becslésére vonatkozó széleskörű vizsgálatok legfontosabb eredményeit.

A hidrológiai közismert egyenlete:

$$P - E = R + \Delta S \quad (1)$$

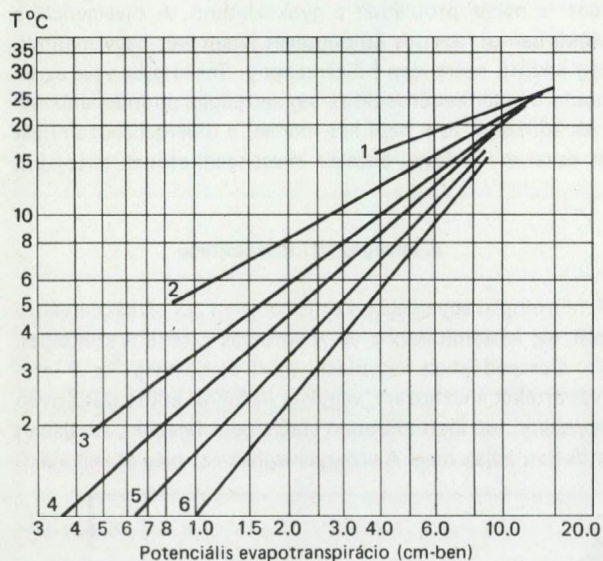
egyensúlyt állapít meg a földfelszínen a csapadék (P), az evapotranspiráció (E), a lefolyás (R) és a vízkészletváltozás (ΔS) között. A tömegmegmaradást fejezi ki, miszerint a felszíni körfolyamatban résztvevő víz nem keletkezik és nem semmisül meg. Az egyenleg megoldása általában hosszútávra készül. A klimatológiai, hidroklimatológiai mérleg azzal a feltevéssel élnek, hogy a felszíni és a felszínalatti vízkészlet elég hosszútávon nem változik. Az egyenleg két mért tagja (P , R) ezért a harmadikat, vagyis az evapotranspirációt meghatározza.

A párolgás azonban rendkívül komplex jelenség, mivel a párolgató felületek nem egységesek, a vízgőz mind vízszintes, mind függőleges irányban elmozdul a párolgató felszíntől és az elmozdulás térben és időben változó. A párolgás közvetlen mérése is nehéz feladat. A komplex talajnedvességmérők, liziméterek csak kis térségre nyújtanak reprezentatív értékeket. Drágaságuk miatt hálózatszerű alkalmazásuk nem terjedt el. A meteorológiában alkalmazott nedvességmérő műszereknél a párolgató felszín kicsi, és így a velük mért érték erősen különbözik a természetes párolgástól. Az említett nehézségek miatt, a párolgás fizikáját jól követő mérések eredményeit kis térségre, kísérleti vízgyűjtők, korlátozott területű mezőgazdasági kultúrák, víztározók stb., vízmérlegeinek számításához alkalmazzák. A hidrológiai egyenleg ismerete azonban egy-egy vízgyűjtőterületre és rövidebb távra — pentád, nap — is hasznos volna, mind a vízgazdálkodás, mind a hidrológiai előrejelzés szempontjából.

A fenti megfontolásokból is kitűnik, hogy a hidrológiai egyenleg rövidtávú megoldásában az evapotranspiráció meghatározása jelenti a legnehezebb problémát. Számítására – a szóbanforgó tér-idő léptékben – két alapvető módszert alkalmaznak. Az egyiket klimatológiai, a másikat dinamikus meteorológiai módszernek nevezzük.

Klimatológiai módszer

A legelterjedtebb klimatológiai módszer kidolgozása Thornthwaite nevéhez fűződik. Ő alkotta meg az evapotranspiráció és a potenciális evapotranspiráció fogalmát is. Az evapotranspirációt úgy definiálta, hogy az a talajfelszín evaporációjának és az azt borító növényzet transpirációjának összegzett értéke, amely a légkörbe irányul és a csapadék fordítottja. A potenciális evapotranspiráció pedig azt a vízmennyiséget jelenti, amely a növényzettel borított talajról az evapotranspiráció révén távozik el, akkor, amikor a talaj a vízbefogadóképesség határáig telített. Thornthwaite az Egyesült Államok különböző területein elhelyezett liziméterek evapotranspiráció értékei és a havi középhőmérséklet között jó empirikus összefüggést talált, amit az 1. ábrán láthatunk. A kapcsolatot kifejező vonalak



1. Kissimes, Florida 2. Mesilla Valley, N.M. 3. Coshocton, Ohio
4. North Platte, Nebraska 5. San Luis Valley, Colorado 6. New-Fork Valley, Wyoming

1. ábra:

A havi középhőmérséklet és a potenciális evapotranspiráció közötti kapcsolat az USA különböző vízgyűjtő területein, Thornthwaite (1948) szerint

a 13,5 cm-es potenciális evapotranspiráció és a 26,5 °C-os pont felé konvergálnak. A kapcsolatot az

$$e = ct^a \quad (2)$$

egyenlet írja le, ahol e a havonkénti evapotranspiráció cm-ben, t pedig a havi középhőmérséklet °C-ban. Az ábrából azonban az is kitűnik, hogy c és a nem egységes konstans.

A szóbanforgó ábrán láthatjuk, hogy a meleg éghajlatú Florida és pl. a hidegebb éghajlatú Wyoming erősen különböző dőlésű görbét mutat. Az éghajlati különbséget fejezi ki az

$$I = \sum_{n=1}^{12} i_n \quad (3)$$

hőindex, ahol i az ún. havi index, azaz

$$i_n = \left(\frac{t_n}{5} \right)^{1,514} \quad (4)$$

A formulában t_n a havi középhőmérsékletet jelenti.

Thornthwaite módszerét a 60-as években hazánkban Szepesiné Lőrincz Anna és Kakas József hidroklimatológiai, Szesztay Károly hidrológiai célra alkalmazta. Szepesiné Lőrincz Anna már 1966-67-ben felhívta a figyelmet arra, hogy Thornthwaite módszere napi vízmérlegek készítésére is alkalmas.

A Francia Meteorológiai Szolgálat Thornthwaite módszerét napi vízegyenleg számítására alkalmazta, 100 szinoptikus állomásra. A módszer segítségével napról-napra áttekintést nyertek az egyenleg helyzetéről. A potenciális evapotranspiráció napi értékét a Thornthwaite formula numerikus számításra alkalmas alakjával, a

$$PE = \frac{135}{30} \left(\frac{\bar{T}}{26,5} \right)^a \quad (5)$$

kifejezéssel adják meg, ahol

$$a = \frac{0,92621}{2,42325 - \log I} \quad (6)$$

I pedig a (3) formulával adott hőindex. T a kérdéses nap középhőmérsékletét jelenti.

Dinamikus meteorológiai módszer

A Föld vízegyenlegéhez nemcsak a felszín, hanem a légkör vízegyenlege is hozzátartozik. A következő egyenlet a légköri vízegyenleg segítségével adja meg az evapotranspirációt:

$$E = \frac{\partial W_p}{\partial t} + \nabla Q + P. \quad (7)$$

Tekintsük át, hogy mit fejezi ki ez az egyenlet! Először is meg kell állapítanunk, hogy az E evapotranspirációt a légkör egy adott térfogatában, pl. egy egységnyi alapterületű és az 500 mbar-os felületig terjedő légoszlopban határozzuk meg. Magasabban fekvő izobárfelületet nem kell figyelembe venni, mert ott már a nedvesség kevés. A valóságban azonban az evapotranspirációt egy egész vízgyűjtőterület

feletti légtérre számítjuk, a magaslégköri szél-, hőmérséklet- és nedvességmérések adataiból.

A (7) egyenletből láthatjuk, hogy az E evapotranspirációt három tényező határozza meg. A három tényező jelentése a következő:

$$\frac{\partial W_p}{\partial t}$$

az előbb említett légoszlopban — vagy az egész vízgyűjtő-terület felett — lévő, potenciálisan kihullható vízmennyiség időbeli megváltozását fejezi ki. (A potenciálisan kihullható vízmennyiség a légoszlopban lévő teljes vízmennyiség mm-ben kifejezett értéke.)

$$\nabla Q - t$$

az egyenlet divergencia tagjának nevezzük. Q a légoszlop oldalsó határain beáramló, illetve onnan kiáramló vízgőzmennyiséget, vízgőzárómot jelenti, ami a nedvességnek és a szélsébségnek a szorzata. Tekintettel arra, hogy a Q szorzatban a szélsébség vektor mennyiség, a vektor számszerűen kifejezett komponenseivel számolunk. A szorzat értékének nagyságát egyaránt meghatározza a nedvesség mennyisége és a szélsébség erőssége. Erősebb áramlás több vízgőzt képes szállítani vizsgált térrészünkbe. A Q előtti ∇ jel azt a műveleti utasítást fejezi ki, hogy a légoszlop egyik oldalsó határain beáramló, illetve a szemben lévő oldalon kiáramló vízgőzáró különbségét (divergenciáját) kell kiszámítani. Ez az érték zérus, ha a légoszlopba beérkező vízgőzáró egyenlő az onnan eltávozóval. Ha a légáramlás olyan, hogy a légtér nyugati határain a szélsébség nagyobb, mint a keletin, akkor a határok között a vízgőz felhalmozódik, ellenkező esetben, a keleti határon lévő erős áramlás a térrészből a vízgőzt elszállítja.

P a légoszlop alján mért csapadékot jelenti.

Dinamikus meteorológiai módszerrel 1954 óta végeznek vizsgálatokat. Hazánkban Magyar Pál alkalmazta először 1974-ben. A WMO a Nemzetközi Hidrológiai Dekád során

(1965-74), majd később is (pl. 1976-ban Budapesten), számos ajánlásban szorgalmazta a módszer alkalmazását.

Hazai vizsgálatok

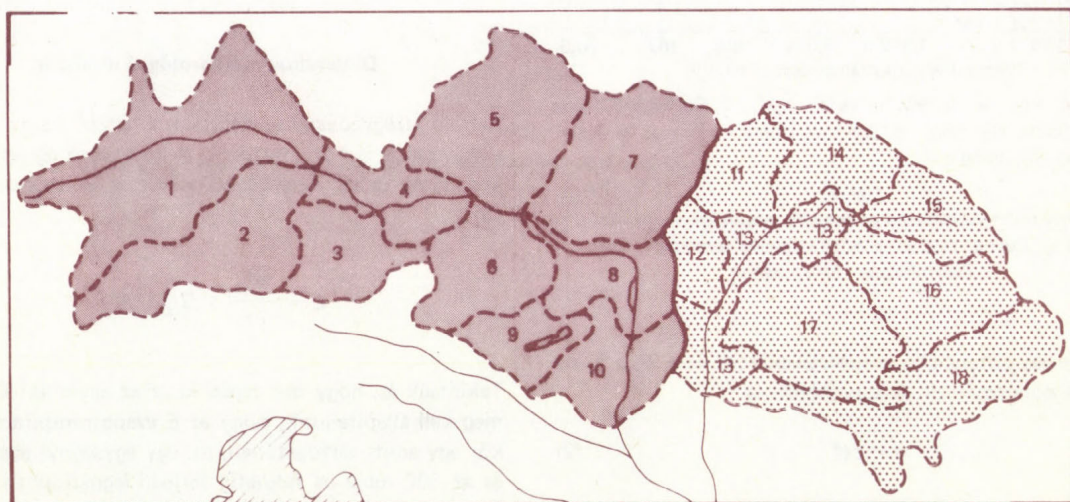
A magyarországi hidrológiai egyenleg vizsgálatok azt a célt tűzték maguk elé, hogy az egyenleg tagjainak napi értékeit a szinoptikus adatforgalmazásban rendszeresen érkező adatokból határozzák meg. Az egyenleg tagjait, területi átlagok formájában, a csapadékelőrejelzésekben is szereplő — és a 2. ábrán látható — 18 vízgyűjtőterületre számítottuk ki. A vizsgálatokban mindkét módszert felhasználtuk, 1983 június hónapban, és egy téli pentádban 1984. január 23-27-ig.

A *Thornthwaite* féle eljárást az (5) formulával alkalmaztuk. A potenciális evapotranspiráció napi értékeit a 2. ábrán feltüntetett terület 101 szinoptikus állomására határoztuk meg.

A dinamikus meteorológiai módszerrel végzett számításokhoz a (7) egyenletet numerikusan kell megoldani. Az egyenlet két tagja, a csapadék és a potenciálisan kihullható vízmennyiség az operatív csapadékszínoptikai feldolgozásokból rendelkezésünkre áll. A divergencia-tag kiszámítása jelenti a nehéz problémát a gyakorlatban. A divergencia a légkörben ui. egy kis különbséget jelent két nagy mennyiség között, ezért igen hibaérzékeny. Tekintetbe véve azonban a bennünket érdeklő térség aerológiai állomáshálózatának sűrűségét és a napi két mérést, a divergenciaszámítást és ezzel a rövidtávú becslést megengedhetőnek tartottuk.

A lefolyás (R) kiszámítása

A hidrológiai egyenlegben az ismeretlen ΔS vízkészletváltási tag kiszámításához az R lefolyás értéke is szükséges. Ez, a csapadékhhoz hasonlóan, mért mennyiség. Az R lefolyás értékét a vízhozam, vagyis a vízfolyás adott szelvényen egységnyi idő alatt átáramló víztérfogat fejezi ki. Általában m^3/s -ban adják meg. A vízegyenleghez ezt még át kell alakí-



2. ábra:

A Duna és a Tisza részvízgyűjtő területei jelzőszámaikkal

tani mm-ben kifejezett magassággá, amit az

$$R = \frac{Q}{VT} \quad (8)$$

képlet ad meg, ahol R a lefolyás mm-ben, Q a vízhozam m^3/s -ban, VT a vízgyűjtő terület km^2 -ben. Végül

$$R_{\text{mm}/24\text{ó}} = \frac{86,4 Q}{VT} \quad (9)$$

A vízhozam napi értékeit, ha a vízgyűjtőnek megfelelő folyószelvényen vízhozammérés van, közvetlenül megkapjuk, ahol nincs, közelítéseket alkalmazunk.

Eredmények

A *Thornthwaite* módszerrel végzett számításokat korlátainak tudomásulvételével helyesnek tekinthetjük.

A dinamikus meteorológiai módszerrel végzett számítások alapján, valamennyi vízgyűjtőnkre érvényes korrekciós faktort vezettünk le a párolgás értékeire.

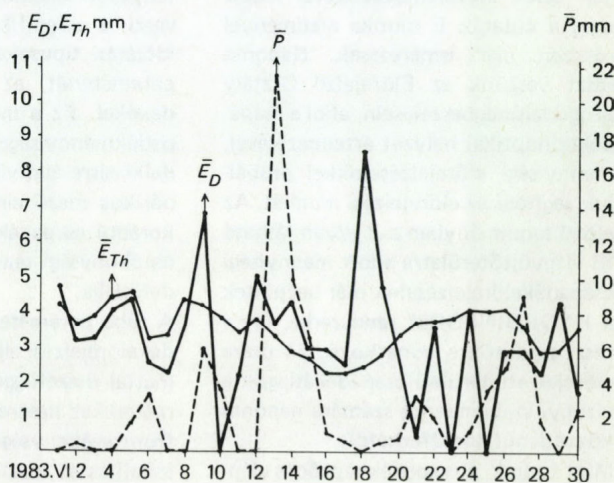
A *Thornthwaite* módszerrel számolt havi területi átlagos evapotranspiráció értéke sokkal nagyobb, mint a dinamikus meteorológiai módszerrel számolté. Ennek az az oka, hogy az utóbbi jobban követi a tényleges időjárás változását, pl. a frontok átvonulását. Ezt láthatjuk a 3. ábrán is. A *Thornthwaite* módszerrel számolt görbék menete ($\bar{E}_{Th}$) sima, ingadozása kicsi. A dinamikus meteorológiai módszerrel számoltaké ($\bar{E}_D$) éles változásokat, a frontokat kísérő nagy pozitív-negatív divergencia váltakozást követi. A frontok hatását az ábrán feltüntetett csapadék menete mutatja. Érdeemes megfigyelni, hogy június 18-án, amikor a hideg front után a csapadéktevékenység megszűnt, de a hőmérséklet-csökkenés még folytatódott, az E_{Th} értéke követi a hőmérsékletcsökkenést, ezzel szemben az E_D görbe maximális

evapotranspirációt mutat. Helyesen tükrözi tehát a poszt-frontális divergenciával járó kiszáradást.

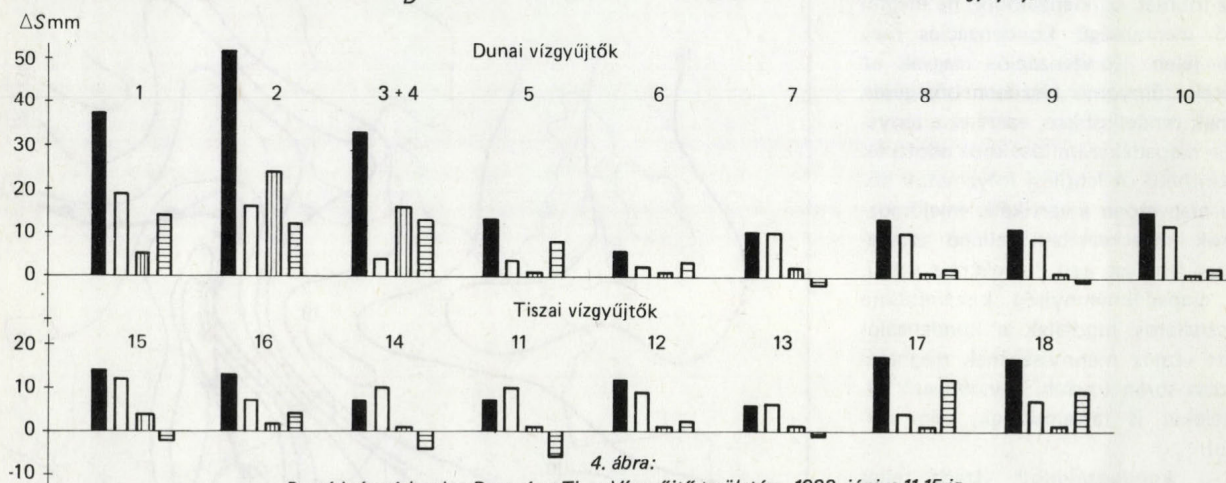
Összefoglalva megállapíthatjuk, hogy a dinamikai módszerrel számolt evapotranspiráció fizikailag realisabb eloszlást mutat.

A Tisza teljes vízgyűjtő területére, dinamikai módszerrel számolt június havi evapotranspiráció értéke 74,8 mm-nek adódott. Magyar Pál az 1971-72-73-as évek három júniusára 84, 72, 96 mm-t számolt. Az általa alkalmazott számítási módszer a miénktől alig különbözött. A számítások jó egyezése az alkalmazott eljárások helyességét kölcsönösen megerősíti.

Számításaink végtermékeiből rövidtávú — napi, de inkább



3. ábra:
A *Thornthwaite* módszerrel (E_{Th}) — vékony vonal — és a dinamikus meteorológiai módszerrel (E_D) — vastag vonal — számolt, valamint a csapadék (P) — szaggatott vonal — területi átlagainak napi menete 1983 június hónapban, a Duna 1-es vízgyűjtőjén



4. ábra:
Pentád vízmérlegek a Duna és a Tisza Vízgyűjtő területére, 1983. június 11-15-ig

pentád — vízmérleg készíthető. A kívánt pentádra a vízmérleg a vízgyűjtők függvényében ábrázolható. A 4. ábrán egy június pentád mérlegét láthatjuk. A vízkészlet pótlására pozitív előjelű ΔS -t mutat, pl. a Duna 1-5 vízgyűjtőin. A vízkészlet jelentősebb csökkenése a Tisza 11-es, vagyis a Sajó — Hernád vízgyűjtőn jelentkezik ebben a pentádban. Hóvégeken havi mérlegek készíthetők a vízgyűjtők függvé-

nyében, amikor is a havi készletváltozásokat tudjuk felmérni.

A vizsgálatok eredményei azt is jelzik, hogy az eljárás operatív körülmények között is alkalmazható. A számítások végeredményei hidrológia analízisekhez közvetlenül felhasználhatók.

Bodolainé Jakus Emma

Mennyiségi csapadék előrejelzések hidrológiai célokra

Magyarországon a csapadékelőrejelzési munkában jelentős előrehaladás 1974-ben következett be, amikor hidrológiai célok figyelembevételével indult meg a kutatás. E munka eredményei részben már ismeretesek. Naponta részt veszünk az Előrejelző Osztály prognózismegbeszélésein, ahol a csapadékszinoptikai helyzet értelmezésével, mennyiségi előrejelzéseinkkel próbáljuk segíteni az előrejelzési munkát. Az előző tanulmányban a 2. ábrán látható 18 vízgyűjtőterületre adott mennyiségi csapadékelőrejelzéseink már beépültek a HYDROINFORM rendszerbe, így a részvízgyűjtőkre vonatkozó, 24 órára előrejelzett területi csapadékatlagok a vízügyi szakemberek számára naponta közvetlenül hozzáférhetők.

Mint tudjuk, a csapadékképződés alapvető feltétele a légkörben lévő vízgőz kondenzációja. Kondenzáció akkor következik be, ha a telített levegő a telítési hőmérsékletnél alacsonyabb értékre hűl le. Ebben az esetben a vízgőz-többség kondenzálódik, ha megfelelő mennyiségű kondenzációs mag van jelen. Kondenzációs magvak az esetek túlnyomó részében bőségesen állnak rendelkezésre, ezért ez a tényező a csapadékszámításokhoz adottnak tekinthető. A lehűlési folyamatok közül alapvetően a vertikális emelőmozgások következtében fellépő adiabatikus lehűlést kell figyelembe venni. A csapadékmennyiség kiszámítására használatos modellek a kondenzálódott vízgőz mennyiségének meghatározása során további egyszerűsítő feltételeket is tartalmaznak, mint például:

- a kondenzálódott vízgőz teljes mennyisége csapadék formájában kihullik;
- a hulló csapadéknak nincs párolgási vesztesége (bár sok esetben ennek értéke jelentős lehet).

Ezen elméleti megfontolásokból indul ki a csapadék mennyiségének meghatározására szolgáló csaknem valamennyi modell.

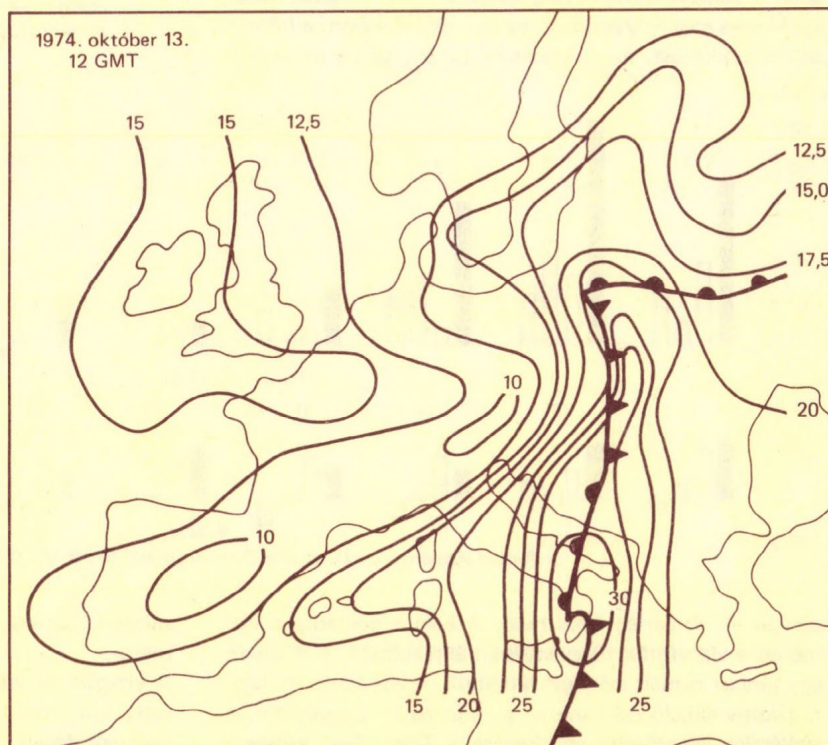
A gyakorlati előrejelzési munkában három modellt alkalmazunk.

A cirkulációs indexen és hatékonysági tényezőn alapuló modell számításba veszi a szignifikáns csapadékot adó időjárási típusokat és azok számszerű paramétereit, az ún. cirkulációs indexeket. Ez a módszer a várható csapadékmennyiséget a potenciálisan rendelkezésre álló vízmennyiség, a termobarikus mező cirkulációs indexe és a korábbi csapadékmintákból levezetett hatékonysági tényezők függvényeként definiálja.

A több paraméteres statisztikai csapadékelőrejelzési eljárás a csapadékfolyammal összefüggő meteorológiai paramétereket használja fel. Indikátorai a fronttevékenység és ciklonalfitás, a ciklonalfitás és instabilitás, végül a ciklonalfitás és nedvesség hatását veszik figyelembe. A paraméterek és a csapadékmennyiség közti összefüggést a

Dunántúl és a Tiszántúl középpontjára rajzolható 100 km-es sugarú kör területére értelmezik, és hosszú idő alatt előfordult tényleges paraméter- illetve csapadékmennyiség-értékek alapján határozták meg. Az eljárás az ún. tanuló algoritmus segítségével működik. Mennyiségi előrejelzéseink alapját a találkozási modell szolgáltatja, melynek lényege a csapadékot létrehozó folyamatok találkozása. A folyamatokat leíró paraméterek:

- a potenciálisan rendelkezésre álló vízmennyiség (w_p), mely a specifikus nedvesség integrálja a légkör két nyomásfelülete által határolt rétegben (esetünkben ez az 500 és az 1000 mbar közti légréteg),
- a dinamikus telítési hiány ($RT - RT_t$), amely a tényleges (esetünkben az 500/1000 mbar-os) relatív geopotenciál (RT) és az ún. telítési relatív geopotenciál (RT_t) különbsége.



1. ábra:
A potenciálisan kihullható vízmennyiség (mm)

A teltési relatív geopotenciál a teltett nedves-adiabtikus légoszlop meghatározott nyomásfelületei közötti távolságot jelenti (esetünkben az 500 és az 1000 mbar-os nyomásfelületek távolsága), a vertikális sebesség (w).

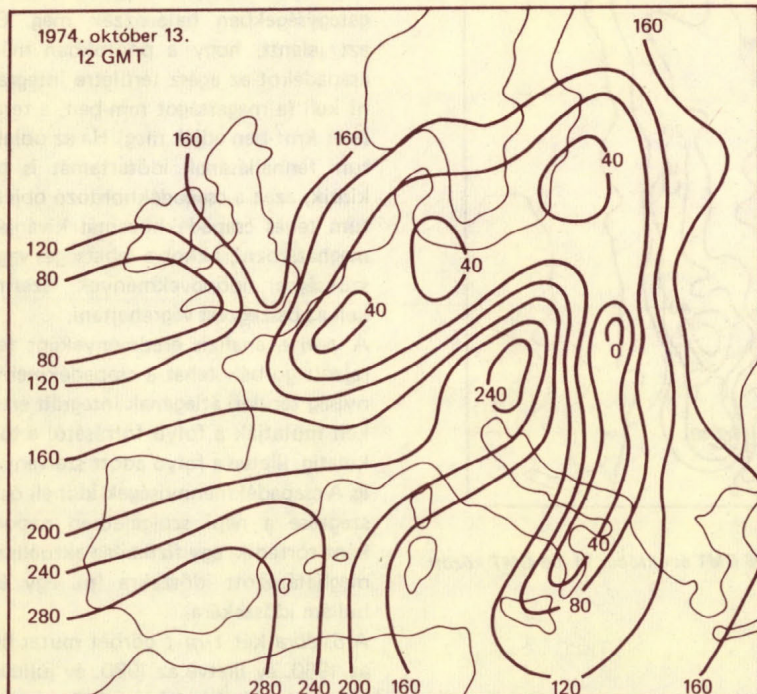
Az 1-3. ábrák konkrét időjárási helyzetben mutatják e paramétermezőket (1974. október 13. 12 GMT). A csapadékok létrehozó folyamatok idő- és térbeli találkozásait pedig bizonyítja a 4. ábra, amely az 1974. október 13. 06 GMT-től október 14. 06 GMT-ig le-

hullott csapadékmennyiség eloszlását mutatja.

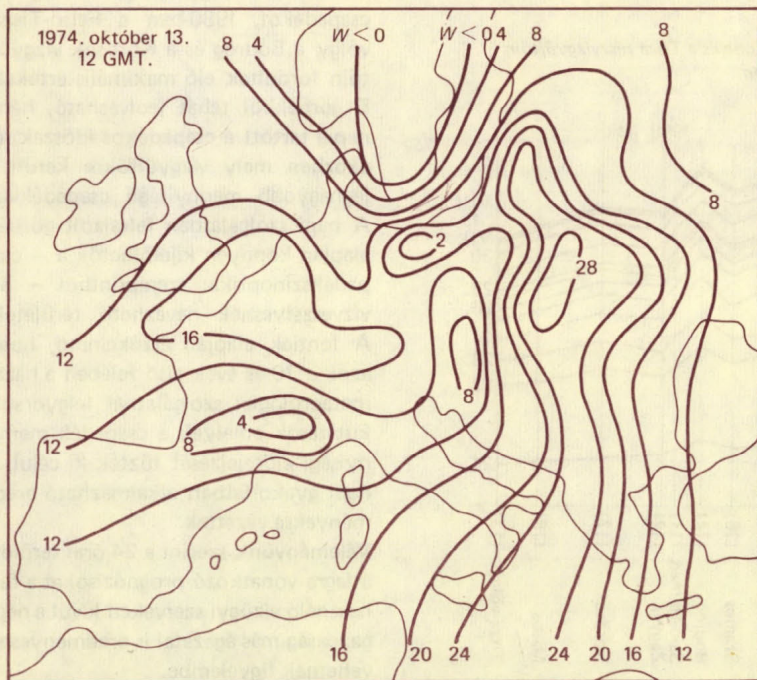
Napi munkánkban felhasználjuk a külföldi szolgálatok előrejelzéseit is. A svéd meteorológiai szolgálat 24 órás mennyiségi csapadékelőrejelzését 2x12 órára adja, a német szolgálat ad 24 órás előrejelzést (00-24 GMT), és ad 3 napra is, 3x24 órás bontásban (ez a Kárpát-medencét sajnos nem tartalmazza). Az angol szolgálat 36 órára szóló előrejelzése 6 órás mennyiségekre bontva érkezik.

Az említett modellek elsősorban szinoptikus léptékű folyamatok esetében adnak jó eredményt. Mezométerű időjárási jelenségek esetén, melyek kiterjedése 10-100 km körül van, és általában órák alatt zajlanak le, egyik modell sem igazán megbízható. Tapasztalataink szerint az ilyen jelenségek hatására akár lokálisan, akár szalagos formában kialakuló nagy mennyiségű csapadékokat az előrejelzések nem tartalmaznak. Legtöbb esetben nem is tartalmazhatják, hiszen például a külföldi előrejelzések a számítások során 2,5 fokos földrajzi rácsot használnak, és az előrejelzett csapadékmennyiség értékeket is e rács pontjaira kapjuk. Ez a rácsálózat nem elég sűrű. A Duna teljes vízgyűjtő területére 9 rácpont esik, ez pedig még akkor is kevés lenne a 18 részvízgyűjtő területre vonatkozóan, ha e területek szabályosan helyezkednének el, arról nem is beszélve, hogy mezométerű jelenségek kimutatására a vízgyűjtőnkénti egy érték sem lenne elegendő.

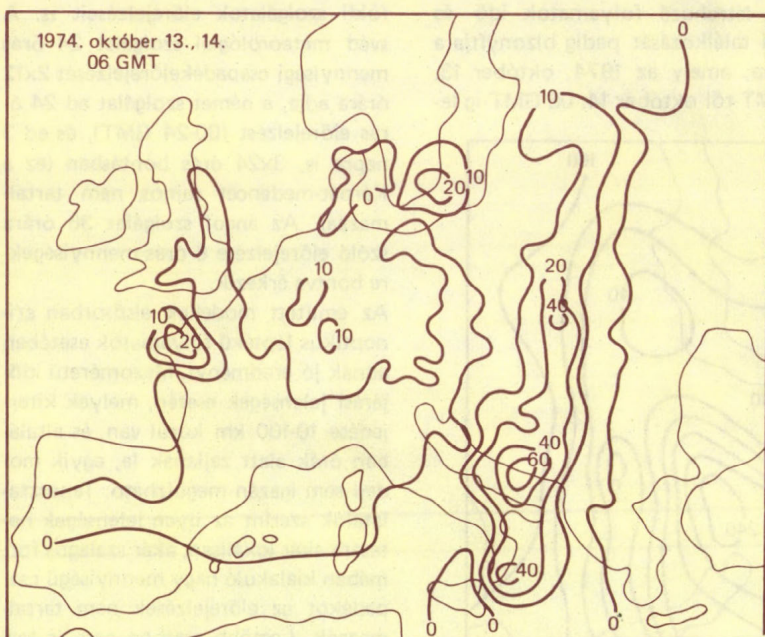
Előrejelzéseink megbízhatósága igen magas, általában 80-85 % körül van. Az 5. ábrán az 1981. december 4-i előrejelzés beválása látható. A folytonos vonal az előrejelzett, a szaggatott a tényleges csapadékmennyiségeket jelenti. Ez az előrejelzés közel 100 %-os. A hidrológiai szempontból legfontosabbnak tartott időjárási helyzetekben azonban (ezek a nagy csapadékokat adó időjárási helyzetek) sok esetben már csak 70 % körüli beválásról beszélhetünk. Ez az érték sem alacsony, ha figyelembe vesszük a csapadék előrejelzésének problémáit és jelenlegi technikai lehetőségeinket. A hidrológiai cél eléréséhez azonban ennél többre van szükség. Előrejelzési munkánk javítása érdekében több irányú kutatómunkát folytatunk az előrejelzések sajátos problémáinak felderítésé-



2. ábra:
A dinamikus teltési hiány (gpm) eloszlása

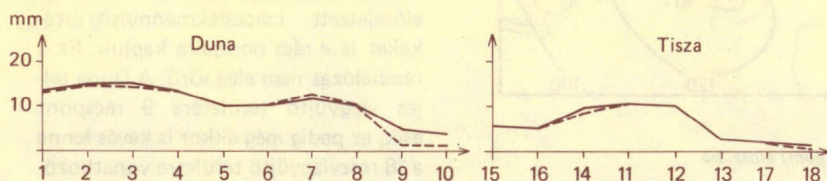


3. ábra:
A vertikális sebesség (mbar/12 óra) eloszlása



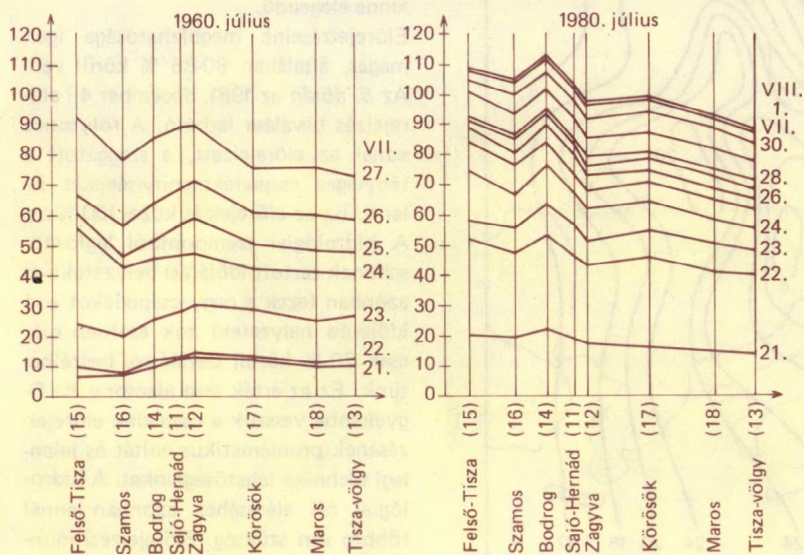
4. ábra:

A csapadék (mm) területi eloszlása 1974. október 13. 06 GMT és október 14. 06 GMT között



5. ábra:

A mennyiségi csapadékelőrejelzés bevétele a Duna és a Tisza részvízgyűjtőin 1981. december 4-én



6. ábra:

A csapadékmennyiség terület-magasság-tartam görbéi

analízis egy — a napi szolgálatban alkalmazott — módszerét ismertetjük, az ún. terület — magasság — tartam ($t-m-t$) analízist.

Ha valamely csapadékhordozó objektum okozta eső mennyiségét a lefolyó víz mennyiségének meghatározására kell felhasználni, a csapadékok térfogatosságukban határozzák meg. Ez azt jelenti, hogy a pontokban mért csapadékokat az egész területre integrálni kell (a magasságot mm-ben, a területet km^2 -ben adják meg). Ha az objektum fennállásának időtartamát is tekintik, azaz a csapadékhordozó objektum teljes csapadékhozamát kívánják meghatározni, akkor a lehetséges vagy szükséges időnövekmények szerint kell az összegzést végrehajtani.

A $t-m-t$ analízis eredményeként felrajzolt görbék tehát a csapadékmennyiség területi átlagának integrált értékeit mutatják a folyó forrásától a torkolatig, illetve a folyó adott szelvényéig. A csapadékmennyiségek időbeli összegzése a napi szolgálatban naponta történik, egy fizikailag aktuálisan meghatározott időszakra (pl. egy árhullám időszakára).

A 6. ábra két $t-m-t$ görbét mutat be, az 1960. év illetve az 1980. év júliusában kialakult árhullámok időszakáról. A görbékről azonnal látható, hogy pl. 1960-ban a Felső-Tisza-völgy, a Sajó, a Hernád és a Zagyva kapták a legtöbb csapadékokat, 1980-ban a Felső-Tisza-völgy, a Bodrog és a Körösök vízgyűjtőin fordultak elő maximális értékek. E görbékből tehát leolvasható, hány napig tartott a csapadékos időszak, és közben mely vízgyűjtőkre került a legnagyobb mennyiségű csapadékvíz. A napi szolgálatban felrajzolt görbék alapján könnyen kijelölhetők a — csapadékszínoptikai szempontból — árvízveszélyesnek nevezhető területek. A fentiek alapján érzékelhető, hogy azok a 70-es évek első felében a hazai meteorológiai szolgálatnál felgyorsult kutatások amelyek a csapadék mennyiségi előrejelzését tűzték ki célul, a napi gyakorlatban alkalmazható eredményekre vezettek.

Véleményünk szerint a 24 órás területi átlagra vonatkozó prognózisokat a felhasználó vízügyi szerveken kívül a népgazdaság más ágazatai is eredményesen vehetnék figyelembe.

Takács Ágnes

Csapadék - előrejelzések sajátos problémái

A csapadékelőrejelző munkáját több előrejelzési modell, külföldi előrejelzés segíti. Ezek ún. szinoptikus léptékű modellek, amelyek nagy térségű folyamatokhoz, ciklonokhoz és a hozzájuk kapcsolódó frontális rendszerekhez kötik a csapadékot.

Kiemelkedő csapadékmennyiségek, heves csapadéktesztesség azonban gyakran jóval kisebb tér- és idő dimenzióval rendelkező rendszerekben realizálódnak. Ezek előrejelzését, fejlődését az említett modellek — jellegükénél fogva — nem tartalmazhatják.

A Kárpát-medence időjárását köztudottan jelentősen befolyásolják a hegységek is. Az Alpok és a Kárpátok vonulata időjárás módosító tényező. A csapadék térbeli elosztásában is döntő szerepet játszik az orográfia.

Ez a rövid összefoglaló a csapadék előrejelzések sajátos problémái közül ízelítőként az orográfia csapadék-módosító hatását, illetve a mezoléptékű rendszerek előrejelzési problémáit mutatja be példákon keresztül.

A Duna és a Tisza vízrendszerén húzódó két nagy hegység, az Alpok és a Kárpátok hatását a mennyiségi csapadékelőrejelzés során figyelembe kell venni.

Megvizsgáltuk, hogy a csapadék a magassággal hogyan változik, és melyek azok az időjárási típusok, amelyek kifejezetten kedvezőek az orografikus hatás érvényesüléséhez.

Ha csak 500 m-es magasságig vizsgáljuk a csapadék magassággal való változását, akkor is jelentős, átlagosan 20-35 %-os növekménnyel számolhatunk az érintett hegységek területén. Ha vizsgálatainkat különböző szinoptikus helyzetek szerinti csoportosításban végezzük, akkor a növekmény bizonyos helyzetekben meghaladhatja az 50 %-ot is.

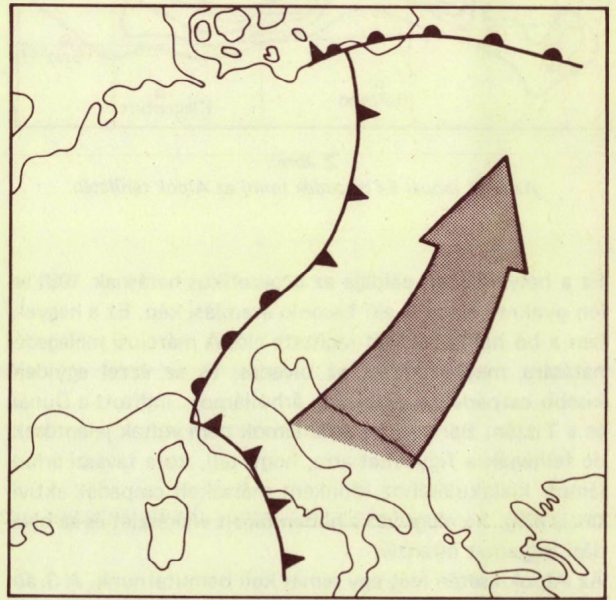
Például a Kárpátalja területén az úgynevezett „tisza orografikus” helyzetekben, amelyeknél az áramlás közel merőleges a hegygerinc vonulatára, a növekmény eléri 500 m-ig az 57 %-ot. Az Alpok területén ez az érték 40 %.

Kárpátalja kiemelkedő szerepét az magyarázza, hogy a „tisza orografikus” helyzetek délnyugati nedves áramlásban valósulnak meg, míg az Alpok területén a „tisza orografikus” helyzeteket egy jóval kisebb nedvesség-tartalmú északias áramlás hozza létre.

A hegységek szerepét előrejelzéseinkbe úgy szeretnénk beépíteni, hogy a számított orografikus csapadékmennyiségnek megfelelő hatékonysági %-kal növelnénk a más módszerrel már előrejelzett csapadék mennyiségét. (Az orografikus csapadékot az orográfia által keltett feláramlás és a légkör nedvesség-tartalmának figyelembevételével számítjuk.) Munkánk során feltétlenül szükséges a csapadékszínoptikai helyzet diagnózisa is, hiszen egyes időjárási típusokban az orográfia hatása megsokszorozódik.

A Kárpátok esetében a ciklon előoldali, melegszelektorbéli helyzetek szerepe a döntő. Egy ilyen időjárási típus sémá-

ját mutatja az 1. ábra. Az ábrán a pontozott nyíl a melegnedves szállítószalag helyzetét mutatja. A melegnedves szállítószalag azt az alacsonyszintű áramlást reprezentálja,



1. ábra:
Melegszelektorbéli csapadékrendszert intenzifikáló orografikus hatás modellje

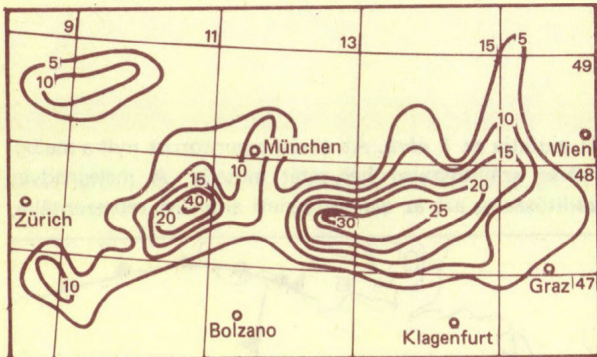
amely a délebbi szélességek meleg, nedves levegőjét a ciklon középponti részei fölé szállítja. Ez a közel délnyugati áramlás a Kárpátalja területén okoz jelentős csapadéktöbbletet. Ezt a többletet előrejelzéseinkben figyelembe vesszük, ezen a részvízgyűjtőn a prognosztizált csapadékmennyiséget megnöveljük.

Ha a szállítószalag helyzete észak-déli irányú, akkor a Sajó, a Hernád és a Bodrog vízgyűjtőjén kell maximális orografikus csapadéktöbblet számítani. (A bemutatott séma elsősorban vonuló mediterrán ciklonok, Kárpát-medence feletti ciklonok esetén valósul meg.)

Az Alpok esetén a hegység szerepe északi áramlást létrehozó időjárási típusokban kiemelkedő. Ez posztfrentális, ciklon hátoldali helyzetekben valósul meg. (Ez nem jelenti azt, hogy ekkor hull a legtöbb csapadék az Alpokban, de ezekben az esetekben a hegység jelenléte növeli meg jelentősen az egyébként nem kiemelkedő csapadékmennyiséget.)

Vizsgáljuk ezt egy példán: 1981. január 5-én élénk északi áramlás alakult ki a Kárpát-medence fölött, egy keletre helyeződött ciklon mögött. A vertikális feláramlás nagy térségben zérus volt, a kihullható vízmennyiség értéke nem

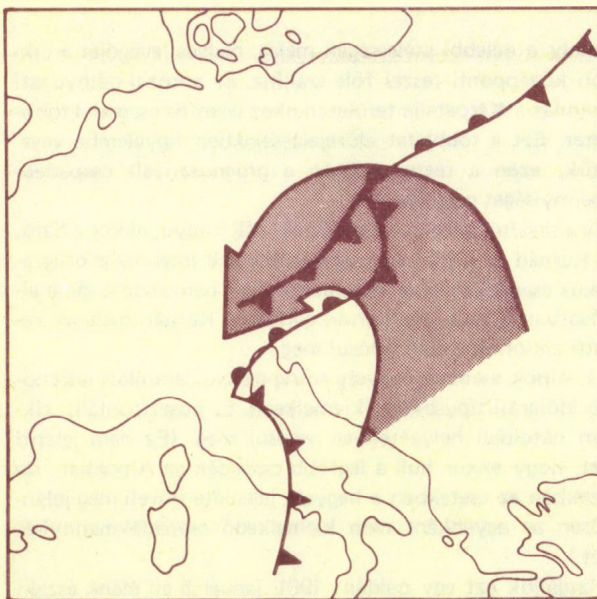
haladta meg a 8 mm-t. A hideg levegőben viszont téltéshez közeli légállapot uralkodott. A jelentéktelen vízkészletből a 2. ábrán látható csapadékkép realizálódott. A csapadék maximuma szinte a gerincvonalon húzódott és a mennyisége a hegy emelő hatására elérte a 20-40 mm-t is.



2. ábra:
Az 1981. január 5-i csapadék (mm) az Alpok területén

Ez a helyzet szép példája az orografikus hatásnak. 1981 telén gyakran fordult elő hasonló áramlási kép. Ez a hegyekben a hó halmozódását segítette elő. A márciusi melegedés hatására megkezdődött az olvadás, és az ezzel egyidejű kisebb csapadéktevékenység árhullámot indított a Dunán és a Tiszán. Bár ezek az árhullámok nem voltak jelentősek, de felhívják a figyelmet arra, hogy téli, kora tavaszi árhullámok kialakulásához időnként mérsékelt csapadék-aktivitás is elég, ha elegendő a hóban tárolt vízkészlet és az olvadási folyamat intenzív.

Az Alpok esetén még egy sémát kell bemutatnunk. A 3. ábrán az Alpok fölé visszahajló okklúzió vázlatát láthatjuk. Ez az áramlási kép szintén északias áramlást valósít meg, így orografikus csapadéktöbblettel számolhatunk. Ez a



3. ábra:
Okklúziós csapadérendszer intenzifikáló orografikus hatás modellje

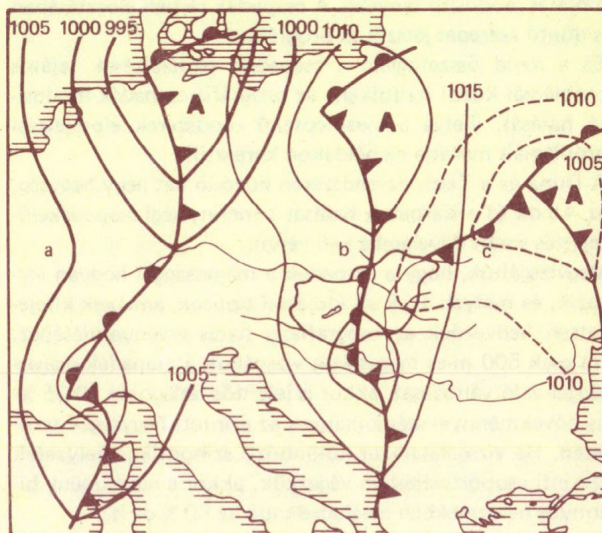
helyzet az előbb bemutatottnál „veszélyesebb” is lehet, mivel az okklúziós front mentén áramló levegő nedvességtartalma magasabb, mint posztfrontális helyzetben. Így nagyobb kiterjedésű, jelentős csapadéktevékenység jöhet létre.

Példáink azt mutatják, hogy az orografikus hatást előrejelzéseinkben mindenképpen figyelembe kell venni, és ezt viszonylag nagy biztonsággal megtehetjük a szinoptikus helyzet alapos elemzése segítségével.

Jóval nehezebben kezelhető problémát jelent a csapadék-előrejelzés során a mezorendszerek fellépése. Még olyan csapadéktevékenység esetén is, amikor a csapadékeloszlás ciklonok, frontok áthelyeződésével, erősödésével magyarázható, számolnunk kell mezorendszerek fellépésével, csapadéknövelő hatásával.

Egy ilyen példát látunk a következőkben. Az az időjárási helyzet — amely 1980. VII. 21-22-én jött létre — azért is érdekes, mert rekord csapadékmennyisége jelentősen hozzájárult az 1980-as tiszai, Körösök menti árvíz kialakulásához.

A 4. ábrán a két nap eseményeit foglaltuk össze. A kiindulási helyzet (a) egy Skandináviai ciklon, Pó-síkság fölötti



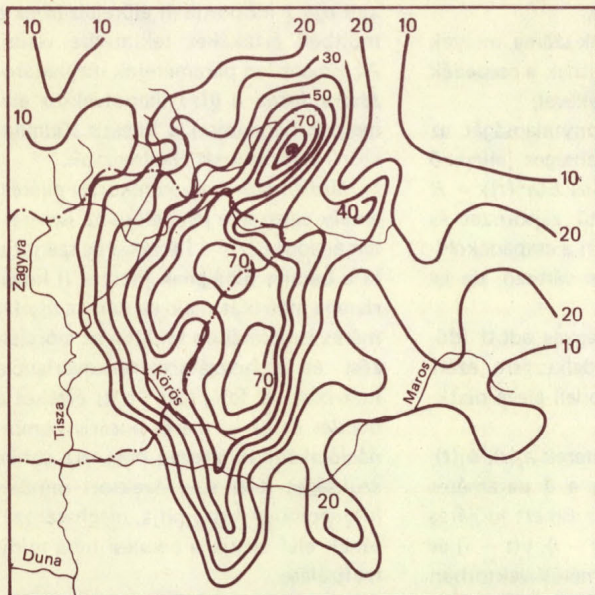
4. ábra:
Az 1980. július 21-22-i csapadéktevékenységet meghatározó talajközeli szinoptikus helyzet sémái

peremhullámmal. A frontrendszer keletre helyeződött, 21-én délből (b) már a Duna vonalánál, 22-én pedig a meg erősödött peremhullám Erdély felett található (c).

Az intenzív csapadéktevékenységet az Erdély fölé helyeződött és önálló ciklonná fejlődött peremhullámmal magyarázhatjuk. Az áramlási viszonyokban viszonylag rövid idő alatt lezajló változás hatására délkeletről meleg levegő áramlott, amely a ciklon erősödéséhez, meleg okklúziós folyamat kialakulásához vezetett. Igen heves volt a csapadéktevékenység. Az 5. ábrán látható 22-i csapadéktérkép mutatja, hogy nagy területen haladta meg a csapadék mennyisége a 70 mm-t.

A Felső-Tisza völgy és a Körösök térségében a csapadékfolyamat erősödéséhez mezoléptékű örvények is hozzájárul-

tak. Ezek az önálló kis cirkulációs rendszerek jól meghatározhatók a talajközeli áramlások mezoanalízisei segítségével.

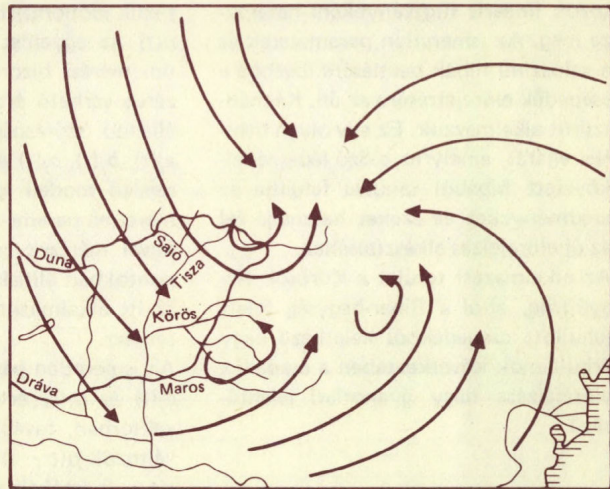


5. ábra:
Az 1980. július 22-i csapadék eloszlása (mm)

A 6. ábrán az áramvonalak mezejében határozottan elkülöníthető három örvény, az egyik a Felső-Tisza völgy, a másik a Bihar-hegység, a harmadik a Keleti-Kárpátok felett. Ezek a mezoléptékű örvények időben stabilisak voltak, élettartamuk közel 24 órát ért el, a csapadék intenzitásának erősödését, mennyiségének növekedését okozták.

Ez a rövid példa arra hívja fel a figyelmet, hogy még nagy térségű folyamatokkal viszonylag jól magyarázható csapadéktevékenység esetén is a mezoléptékű rendszerek milyen nagy szerepet játszanak a csapadék térbeli eloszlásában. Előrejelzésük nem könnyű feladat, mivel a nagy térségű modellek kelekezésükről, fejlődésükről nem igen adnak tájékoztatást, a hazai óránkénti, illetve a külföldi három óránkénti földi megfigyelések sem tudják mindig „megfogni” a jelenségeket. Így az előrejelzést a szinoptikus tapasztalat, a mezorendszerek szinoptikus ismerete segíti elő.

Jelentős előrelépést jelenthet a továbbiakban a radar és a műhold adatok felhasználása. Radar segítségével a jelenség követhető, fejlődése, áthelyeződése megfigyelhető, és a csapadékinzentrációról is kapunk információt. Magyarorszá-



6. ábra:
A talajközeli áramlási mező szerkezetének sajátosságai az áramvonal-analízis tükrében

gon három radar működik, és a közeljövőben már számítógép viszi térképre a három radar mérési eredményeit. Így jól követhető lesz az ország bármely területén a csapadékhordozó objektum mozgása, fejlődése. Ez lehetőséget ad arra, hogy rövid- és ultrarövidtávú mennyiségi csapadék-előrejelzéseinket tovább finomítsuk.

A radarhoz hasonlóan a műhold képek részletes feldolgozása is komoly segítség. Jelenleg az óránkénti képeken a rendszerek vizuálisan követhetők, de ennél több is elérhető. A különböző felhőtípusok elkülönítése, csapadékbecslés stb. a műhold adatok számítógépes feldolgozásával válik lehetségessé.

A modern technikai eszközök felhasználása lehetővé teszi speciális jellegű csapadékprognózisok készítését.

Homokiné Újvári Katalin

Rövidtávú numerikus csapadék - előrejelzés a Kálmán-szűrő alkalmazásával

A csapadék mennyiségi előrejelzése elválaszthatatlan a — csapadékképződés folyamatára jellemző meteorológiai állapotváltozók (hőmérséklet, vízgőz, légáramlás stb) idő és térbeli változásának ismeretétől. A meteorológiai álla-

potváltozók előrejelzett értékei elméletileg megadhatók a légköri jelenségeket leíró négy parciális differenciálegyenletből álló egyenletrendszer megoldásával. Magyarországon azonban a meteorológiai előrejelzések céljaira

nem áll nagy teljesítményű számítógép a rendelkezésre, így a numerikus csapadék-előrejelzés problémájára az előbb-től eltérő, kisebb számítógépen is futtatható eljárást dolgoztunk ki.

A modell jellegét tekintve sztochasz-

tikus (valószínűségi) modell, azaz az előrejelzés elkészítésénél képes figyelembe venni a mérések és a modell bizonytalanságait is. Az előrejelzett csapadék értékét már ismert időjárási változók lineáris függvényeként határozza meg. Az ismeretlen paraméterek és a valószínű hibák becslésére továbbá a csapadék előrejelzésére az ún. Kálmán-szűrőt alkalmazzuk. Ez egy olyan becslési eljárás, amely az előző lépésnél elkövetett hibából tanulva felújítja az eredményeket és ezeket használja fel az új előrejelzés elkészítéséhez.

Az alkalmazási terület a Körösök vízgyűjtője, ahol a Bihar-hegység felett lehullott csapadékból keletkező nagy árhullámok következtében a csapadék előrejelzése nagy gyakorlati jelentőségű.

A csapadékelőrejelző modell felépítése

A csapadékmennyiség prognosztikai egyenletének általános alakjából kiindulva Bodolainé mutatta meg, hogy a Duna és Tisza vízgyűjtőjén a csapadékszínoptikai folyamatot négy fő tényező határozza meg, nevezetesen:

- a potenciálisan kihullható vízmennyiség,
- a vertikális sebesség,
- a dinamikus telítési hiány és
- a megelőző csapadék.

Tegyük fel tehát, hogy a csapadék értéke egy adott időpillanatban csak e négy tényező megelőző értékének függvénye. Ismeretes, hogy a keletkezett csapadék mennyisége egyenesen arányos a kihullható vízmennyiség és vertikális sebesség értékével, továbbá fordítottan arányos a dinamikus telítési hiánnyal, vagyis feltesszük az alábbi auto-, és keresztregresszív séma érvényességét:

$$p(t) = a_1(t)p(t-1) + a_2(t)p(t-2) + \dots + a_k(t)p(t-k) + \\ + b_1(t)w(t-1) + b_2(t)w(t-2) + \dots + b_l(t)w(t-l) + \\ + c_1(t)v(t-1) + c_2(t)v(t-2) + \dots + c_m(t)v(t-m) + \\ + d_1(t)\frac{1}{r(t-1)} + d_2(t)\frac{1}{r(t-2)} + \dots + d_n(t)\frac{1}{r(t-n)} + \\ + \eta(t), \quad (1)$$

ahol $p(t-i)$, $w(t-i)$ és $r(t-i)$ a csapadék, kihullható vízmennyiség, vertiká-

lis sebesség, illetve dinamikus telítési hiány értékei az adott időpont előtt i lépéssel visszamenőleg;

k , l , m és n azon adatok száma, melyek még kapcsolatot mutatnak a csapadék t -edik időpontbeli értékével;

$n(t)$ az egyenlet bizonytalanságát az ún. mérési bizonytalanságot jellemző zérus várható értékű és $E(n^2(t)) = R$ állandó szórásnégyzetű zajsorozat és $a_i(t)$, $b_i(t)$, $c_i(t)$ és $d_i(t)$ a csapadékelőrejelző modell időben változó, de ismeretlen paraméterei.

Mivel mérések csak egyes adott időpontokban állnak rendelkezésre, ezért az itt alkalmazott modell eleve diszkrét lesz.

Az ismeretlen paraméterek $a_i(t)$, $b_i(t)$, $c_i(t)$ és $d_i(t)$ értékeit a θ paraméter vektorban, továbbá az ismert időjárás változók $p(t-i)$, $w(t-i)$, $v(t-i)$ és $r(t-i)$ értékeit a H mérési vektorban összefoglalva az (1) auto- és keresztregresszív séma a következő formában írható:

$$p(t) = H^T(t)\theta(t) + \eta(t), \quad (2)$$

ami a diszkrét modell lineáris mérési egyenlete.

Mivel a paraméterek időbeli változásáról előzetes információ nem áll rendelkezésünkre, feltesszük, hogy ezek változása a véletlen bolyongás modelljével írható le:

$$\theta(t+1) = \theta(t) + \varepsilon(t), \quad (3)$$

ahol ε a paraméterek hibájára jellemző zajvektorsorozat.

A rendszer dimenzióját, N -et a paramétervektor vagy a mérési vektor elemszáma adja:

$$N = k + l + m + n. \quad (4)$$

Az egyes időjárási változók csapadék-

és a csapadék-idősor között. Ez meghatározza, hány lépésre visszamenőleg kell egy t időpontbeli előrejelzéshez a múltbeli értékeket tekintetbe venni. Az ismeretlen paraméterek meghatározására (azaz a $\theta(t)$ állapotvektor elemeinek becslésére) a lineáris Kálmán-szűrő algoritmusát alkalmazzuk.

A Kálmán-szűrő olyan rekurzív eljárás, amely egyszerre jelzi előre az ismeretlen állapot $\hat{\theta}(t|t-1)$ értékét és számítja ki a becslés hibájának $P(t|t-1)$ kovariancia mátrixát, majd ezután az új $p(t)$ mérés ismeretében felújítja az előrejelzést és a hozzátartozó kovariancia mátrixot. A felújított $\hat{\theta}(t|t)$ értéket a becslés és az új mérés lineáris kombinációjaként határozza meg. Az ehhez szükséges $K(t)$ súlyzóvektort minden időlépcsőben kiszámítja, meghatározásának elvi alapja a becslési hiba minimalizálása.

A (3) modell különleges szerkezete következtében a Kálmán-szűrő általános egyenletei az alábbi alakot öltik:

$$\hat{\theta}(t|t-1) = \hat{\theta}(t-1|t-1) \quad (5)$$

$$P(t|t-1) = P(t-1|t-1) + Q \quad (6)$$

$$K(t) = P(t|t-1) \cdot \quad (7)$$

$$\cdot H^T(t)[H(t)P(t|t-1)H^T(t) + R]^{-1}$$

$$\hat{\theta}(t|t) = \hat{\theta}(t|t-1) + \quad (8)$$

$$+ K(t)[p(t) - H(t)\hat{\theta}(t|t-1)]$$

$$P(t|t) = [I - K(t)H(t)]P(t|t-1) \quad (9)$$

Ha megvizsgáljuk az (5) – (9) egyenleteket, akkor azt állapíthatjuk meg, hogy a H vektor ismert elemeket tartalmaz (a rendelkezésünkre álló csapadék, kihullható vízmennyiség, vertikális sebesség és dinamikus telítési hiány ismert értékeit), a Kálmán-féle súlyzóvektort minden időlépcsőben újra meghatározzuk (7. egyenlet), a $p(t)$ érték pedig a legújabb csapadékmérés. Az algoritmus elindításakor azonban valamilyen kezdeti becslést kell adni a θ állapotvektorra és a kezdeti állapotbecslés hibájára. A további időlépcsőkben ezekkel már nem lesz gondunk, mert a $t = t-1$ helyettesítéssel a (8) egyenlet baloldala fog szerepelni az (5) egyenlet jobboldalán, és a (9) egyenlet baloldala fog szerepelni a (6) egyenlet jobb oldalán (az algoritmus ettől lesz rekur-

zív). Tehát csak a kezdeti értékeket kell megadnunk. Ismerni kell persze az alap-egyenletek hibáira jellemző $\underline{Q}$ és az R értékeket is.

A modell kidolgozása során a kezdeti értékek és a hibák becslésére a numerikusan egyszerű próbálgatásos módszert alkalmaztuk. Meghatározásuk alapja az előrejelzési hiba négyzetének minimalizálása volt.

Miután a $t - 1$ időpontig meglévő adatokból megkapjuk a paraméterek t -edik időpontra vonatkozó előrejelzését, a t -edik időpontra vonatkozó csapadék előrejelzését a (2) egyenlet feltételes várható értékének számításával nyerjük (ahol a feltételt a $t - 1$ időpontig meglévő információnak halmaza jelenti). Mivel feltételezésünk szerint az η zajsorozat zérus várható értékű, úgy (2) feltételes várható értéke:

$$\hat{p}(t|t-1) = \underline{H}(t)\hat{\theta}(t|t-1), \quad (10)$$

ahol a $\hat{\theta}(t|t-1)$ feltételes várható értéke a Kálmán-szűrő (5) összefüggésével számítható ki, vagyis

$$\hat{p}(t|t) = \underline{H}(t)\hat{\theta}(t-1|t-1). \quad (11)$$

Tehát a legkisebb négyzet értelemben optimális egylépéses csapadék-előrejelzés az adatvektor és az előző mérési hiba ismeretében felújított paramétervektor skaláris szorzataként áll elő.

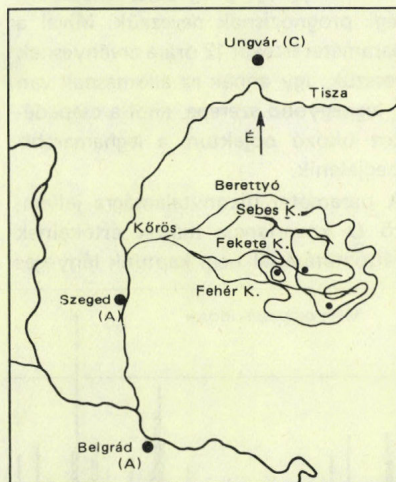
A csapadék-előrejelző modell alkalmazása a Körösök vízgyűjtőjére

A modell alkalmazási területétől — a vízrajzi előrejelzés kutatási programjához kapcsolódva — a Körösök vízgyűjtőjét választottuk. A vízrendszer vízjárását alapvetően az erdélyi Bihar-hegység csapadékvizszonyai határozzák meg (1. ábra).

A feldolgozott csapadékadatok a 6⁰⁰ és 18⁰⁰ óras (GMT) csapadékösszeg térképekről származnak. Az idősorok tehát 12 órás értékeket tartalmaznak. A Bihar-hegység 1. ábrán feltüntetett jellemző öt pontját választottuk ki, ezek átlaga képezi a modell bemenő csapadékidősorát.

Mivel a Körösök vízgyűjtőjének területén nincsen magaslégköri megfigyeléseket végző meteorológiai mérőállomás, ezért a többi három időjárási változó adatsorának meghatározásához

más módszerhez kellett folyamodni. Ismeretes, hogy a csapadék nagy része nagyterjedésű frontokból ered, ezért szinoptikai szempontból elegendő a Körösök vízgyűjtőjére jellemző három, magaslégköri méréseket is folytató meteorológiai állomás: Szeged, Ungvár és Belgrád méréseinek a figyelembevételével



1. ábra:
A vizsgált terület

le. A modell bemenete minden időjárási változóra egy idősor lesz, így a kérdéses bemenet a kiválasztott három állomáson mért értékek súlyozott összege lesz:

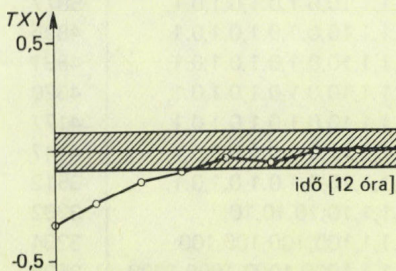
$$w(t) = Aw_1(t) + Bw_2(t) + Cw_3(t)$$

$$v(t) = Av_1(t) + Bv_2(t) + Cv_3(t)$$

$$r(t) = Ar_1(t) + Br_2(t) + Cr_3(t),$$

ahol A, B, C súlyzó tényezők és $A + B + C = 1$.

Az A, B és C tényezők meghatározása az empirikus tapasztalat alapján, figyelembe véve a nagy csapadékot hozó légtömegek főbb szélirányát. Amelyik súlyozott értéknél a legkisebb az előrejelzés hibája, olyan eloszlás a legvalószínűbb.



2. ábra:
A csapadék és a dinamikus telítési hiány közötti keresztkorrelációs függvény

Az adatok kiválasztása után megvizsgáltuk az így keletkezett idősorok auto- és keresztkorrelációs függvényeit. Ehhez 1 auto- és 3 keresztkorrelációs függvényt kellett kiszámítani. Az eredmények azt mutatják, hogy a legerősebb kapcsolat a csapadék és a dinamikus telítési hiány között van (2. ábra). A negatív keresztkorreláció azzal magyarázható, hogy a dinamikus telítési hiány értékének csökkenésével egyre nagyobb a csapadék bekövetkezésének valószínűsége.

Az auto- és keresztkorrelációs elemzés eredményeképpen a modellben az utolsó mért csapadéértéket, két megelőző időpontbeli (12 és 24 órával korábban mért) kihullható vízmennyiséget, a 12, 24, 36 ill. 48 órával korábban mért dinamikus telítési hiányt vettük figyelembe. Következésképpen az (1) séma a Körösök vízgyűjtőjének esetében az alábbi alakot ölti:

$$\begin{aligned} p(t) = & a_1(t)p(t-1) + b_1(t)w(t-1) + \\ & + b_2(t)w(t-2) + c_1(t)v(t-1) + \\ & + d_1(t)\frac{1}{r(t-1)} + d_2(t)\frac{1}{r(t-2)} + \\ & + d_3(t)\frac{1}{r(t-3)} + d_4(t)\frac{1}{r(t-4)} + \\ & + \eta(t) \end{aligned}$$

A modell dimenziója: $N = 1 + 2 + 1 + 4 = 8$; ld. (4).

A Kálmán-szűrő gyakorlati alkalmazhatóságához szükség van a $\hat{\theta}(O|O)$ paramétervektor és a $\underline{P}(O|O)$ hiba becslés kezdeti értékére, a paraméterek bizonytalanságának $\underline{Q}$ és a mérési hiba R értékére.

A $\hat{\theta}(O|O)$ és $\underline{P}(O|O)$ kezdeti feltételek felvétele elvileg tetszőleges lehet, hiszen hatásuk (5) — (9) rekurzió során elenyészik. Mégis, a gyorsabb konvergencia érdekében célszerű értékeket úgy megválasztani, hogy (1) egyenlet már a kezdetben is reális értéket adjon. $\underline{Q}$ és R meghatározására az előző pontban említett próbálgatásos módszert alkalmaztuk. Így a felvett kezdeti értékek:

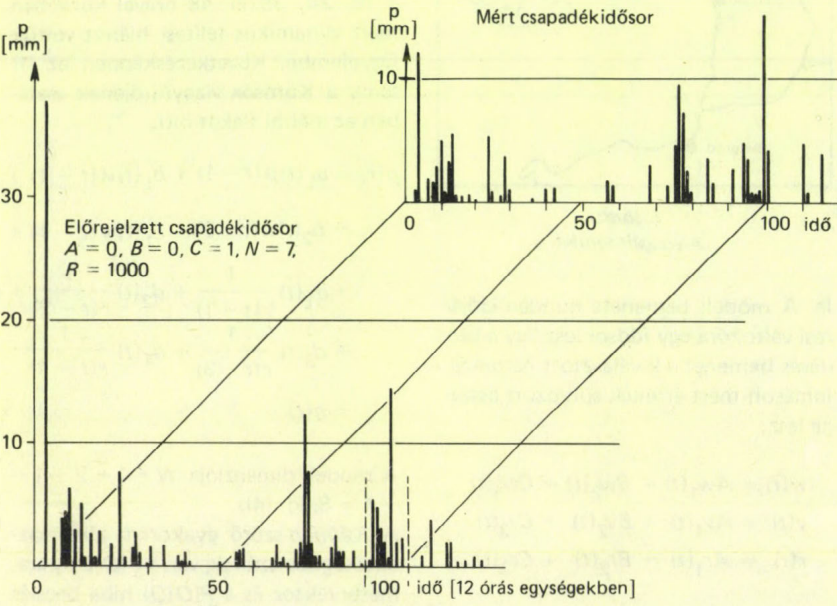
$$\begin{aligned} \hat{\theta}(O|O) = & [1, 0.1, 0.1, 1, 100, 100, \\ & 100, 100] \\ \underline{P}(O|O) = & \begin{bmatrix} 10, 1, 1, 10, 1000, 1000 \\ 1000, 1000 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

Az eredmények a 3. ábrán és az 1. táblázatban láthatók.

Az 1. táblázat első öt sorában a kiválasztott szinoptikai mérőállomások optimális súlyzó értékeit határoztuk meg (A-Belgrádnak, B-Szegednek, és C-Ungvárnak felel meg). Az összehasonlíthatóságához a mért és előrejelzett csapadék eltéréseinek négyzetösszegét (σ^2) számítottuk ki. Az első, második és ötödik sorból nyilvánvaló, hogy a legjobb eredményt (legkisebb σ^2) Ungvár adatsorára kaptuk. A két jobb állomás súlyozásával is gyengébb eredményeket kaptunk (harmadik és negyedik sor). Ennek oka az időbeliség. Mindhárom állomást a Bihar-hegységben észlelt nagy csapadékos időszakra jellemző DNy-ÉK-i nedves szállítószalag irányából választottuk (a haladás iránya

erre merőleges). Az állomások Bihar-hegységtől mért távolsága azonban különböző. Mivel a modell nem előrejelzett értékeket használ fel a paraméterek előrejelzésére, az ungvári értékek időben közelebb vannak az előrejelzett paraméterértékekhez, mint a másik kettő állomás megfelelő értékei. Az ilyen jellegű prognózist tehetetlenségi prognózisnak nevezzük. Mivel a paraméterértéket 12 órára érvényesnek vesszük, így annak az állomásnak van a legnagyobb szerepe, ahol a csapadékot okozó objektum a leghamarabb megjelenik. A paraméter bizonytalanságra jellemző $\hat{Q}$ kovariancia mátrix értékeinek változtatásánál nem kaptunk lényeges

eltéréseket (9 – 11. sor) kivéve, ha egy bizonyos kritikus határt átlépünk. A mérési hiba R szórásnégyzetére a modell sokkal érzékenyebbnek bizonyult. R szerepe (5) – (9) egyenletből látható. A Kálmán-féle súlyzóvektor meghatározásánál (7. egyenlet) R a nevezőben áll, így értékének növelésével a K súlyzóvektor értéke csökken a (8) egyenletben, és így az előrejelzés hibájának kis szerepe lesz. Így a kapott eredmény (6 – 8 és 11 – 13 sor) valószínű magyarázata az, hogy mérési pontatlanság miatt nagyobb szerepe van a kezdeti becslésnek. A rendszer dimenziójának csökkenése (a bemenő időjárási változatok közül a szél értékének elhagyása) az eredményt tovább javította. Ez két tényezőnek tudható be, egyrészt a Kálmán-szűrő alacsonyabb dimenziójú rendszer esetén hamarabb beáll, másrészt a modell sztochasztikus természetéből adódik, hogy egy adatsor elhagyásával egy mérési bizonytalanságot is elhagyunk. A legjobb előrejelzést a 13. sorban közölt paraméterek alkalmazásával kaptuk.



3. ábra: Mért és előrejelzett csapadékidősor a Körösök vízgyűjtőjén

1. táblázat: A csapadékelőrejelző modell eredményei

	<i>N</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>R</i>	<i>Q</i> mátrix főátlója	σ^2
1	8	1	0	0	1	1,1,1,10,0,1,0,1,0,1,0,1,	6578
2	8	0	1	0	1	1,1,1,10,0,1,0,1,0,1,0,1,	5877
3	8	0	0.4	0.6	1	1,1,1,10,0,1,0,1,0,1,0,1,	4895
4	8	0.1	0.2	0.7	1	1,1,1,10,0,1,0,1,0,1,0,1,	4831
5	8	0	0	1	1	1,1,1,10,0,1,0,1,0,1,0,1,	4320
6	8	0	0	1	50	1,1,1,10,0,1,0,1,0,1,0,1,	4177
7	8	0	0	1	100	1,1,1,10,0,1,0,1,0,1,0,1,	4147
8	8	0	0	1	1000	1,1,1,10,0,1,0,1,0,1,0,1,	3512
9	7	0	0	1	100	1,1,1,10,10,10,10,	3202
10	7	0	0	1	100	1,1,1,100,100,100,100,	3234
11	7	0	0	1	100	1,1,1,1000,1000,1000,1000,	3528
12	7	0	0	1	500	1,1,1,10,10,10,10,	2851
13	7	0	0.4	0.6	1000	1,1,1,10,10,10,10,	2687

Összefoglalás

A tanulmányban egy rövidtávú numerikus csapadékelőrejelző modellt mutattunk be. Az előrejelzés időelőnye 12 óra volt. A modell kidolgozása során törekedtünk arra, hogy csak a rendelkezésre álló meteorológiai tényezők közül válasszuk ki az időjárási változókat (így operatív üzemmódban futtatható legyen) továbbá a modell a felújítást és előrejelzést rekurzív módon végezze el, és így kis kapacitásigénye miatt széleskörűen alkalmazható legyen.

Az eredmények azt mutatják, hogy a viszonylag egyszerű közelítés ellenére a numerikus modell – összehasonlítva a Meteorológiai Intézet által kiadott előrejelzésekkel is – elfogadható eredményeket adott. Ez azonban nem azt jelenti, hogy a modell képes helyettesíteni a tapasztalt szinoptikus munkáját. Inkább egy gyorsan használható numerikus eszközt kíván adni a szinoptikus meteorológus kezébe hirtelen változó időjárási viszonyok között valós idejű előrejelzéshez.

Mekis Éva,
Dr. Szöllősi Nagy András
VITUKI

A VALÓSZÍNŰ MAXIMÁLIS CSAPADÉK BECSLÉSE

Tanulmányunk a csapadékmaximumok statisztikai vizsgálatával foglalkozik. Az alkalmazott statisztikai módszer részletes matematikai leírásától eltekintünk. Ehelyett az extrémek elméletének kialakulásáról szólnunk néhány szót.

A valószínűségszámítás elméletének kezdete háromszáz évvel ezelőttre tehető, e tudományág művelőit azonban annál jobban lefoglalta a statisztikai mennyiségek általános viselkedésének megismerése, mint hogy az extrémek iránt érdeklődjenek. A legrégebbi észrevételt *Furier* (1768-1830) tette — közel 200 éve —, aki azt állította, hogy normál eloszlás esetén annak valószínűsége, hogy az abszolút szóródás túllépje a szórásnak (azaz a σ -nak) $3\sqrt{2}$ -szeresét, 1 az 50 000-hez és ezért elhanyagolható. Amiből azt a téves következtetést vonták le, hogy a szórás háromszorosa tekinthető minden statisztikai változóra vonatkozó maximumnak, az észlelések számától függetlenül. (Holott kis minta-nagyság esetén a 3σ feltétel túl erős, nagy minta esetén pedig túl gyenge.) A szakirodalom e problémát „*három szigma tévedés*”-nek nevezi. De amíg a 3σ feltételt általánosságban elfogadták, addig az extrémek problémáját kizárták vizsgálódásaik sorából.

Bortkiewicz mutatott rá elsőként — a századforduló körül —, hogy a valószínűségszámítás elméletének a nagyon kicsi valószínűségekkel foglalkozó ága is jelentős a gyakorlati élet számára. Az extrémek elméletét először egy kuriózumra alkalmazta: azt vizsgálta, hogy a német hadsereg különböző hadtesteinél évente hány katona halálát okozza lórúgás. Ma már a gyakorlati alkalmazásokat hosszan sorolhatjuk: a kereskedelemben az árúkészlet nagyságának racionális megválasztása, a radioaktív bomlás, a sejtekben a kromoszómák cserélődése; a hidrometeorológiában pl. a nagy csapadékmennyiségek gyakoriságának-, illetve az árvizek gyakoriságának becslése.

Amíg a fenti alkalmazásoknál nem ismerték fel a probléma statisztikai természetét, addig a megoldást kereső empirikus próbálkozások gyakorlatilag nem vezettek eredményre.

Az extrémek elméletének modern története a 20-as években kezdődött. *Bortkiewicz* mellett *Tippett* és *Fisher* nevét kell megemlítenünk.

Eredményeikkel megalapozták *Gumbel* munkásságát, aki 1932-től foglalkozik az extrémek kutatásával.

Gumbel elméleti-matematikai kutatásán túlmenően — már 1942-ben — tudományos cikket jelentetett meg elméleti eredményeinek a meteorológiai adatok extrém értékeire történő alkalmazásáról. A nemzetközi meteorológiai iroda-

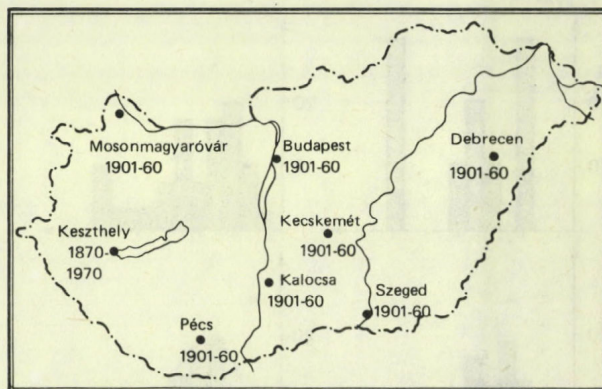
lomban azonban még éveken keresztül a *Gumbel*nél komplikáltabb megközelítéseket alkalmaztak. Ezek a módszerek nem adtak jobb eredményeket a gyakorlatban. A *Gumbel*-módszer a 60-as években vált közismertté a meteorológiai nemzetközi irodalomban. Ebben egy amerikai szakember: *David Hershfield* és kutató csoportja is fontos szerepet játszottak.

Gumbel és *Hershfield* elméleti és gyakorlati munkássága adja az itt bemutatásra kerülő hazai eredményeink elvi alapját is.

A nagycsapadékok gyakorisági analízise

Első lépésként az eddig megfigyelt nagycsapadékok gyakorisági analízisét kell elvégeznünk. (A gyakorisági analízissel az észlelési adatokhoz illeszkedő elméleti eloszlásgörbét keresünk.) Ez ugyanis lehetővé teszi az extrém esetek viselkedésének megismerését és leírását. Továbbá lehetőséget nyújt a nagycsapadékok jövőbeli előfordulásának becslésére is.

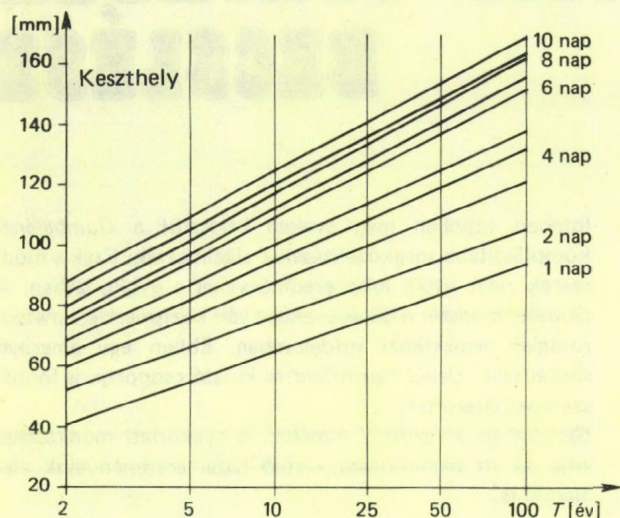
A csapadék gyakorisági analíziséhez a naponkénti észlelések adatait használtuk fel. Feldolgozásunk a teljes évre kiterjedt. Vizsgálatainkhoz olyan meteorológiai állomásokat választottunk, amelyek aránylag hosszú (60 ill. 100 éves) észlelési sorral rendelkeznek. Az 1. ábrán látható nyolc ha-



1. ábra:
A feldolgozott naponkénti csapadékmérések

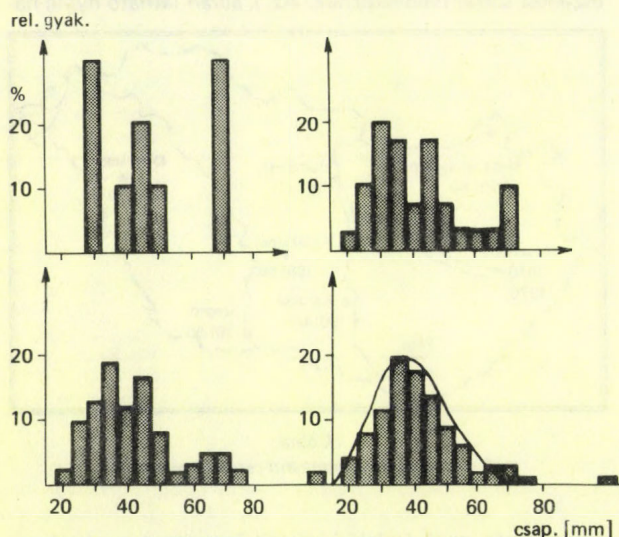
zai állomás napi észlelési adatait összegezve meghatároztuk a több napos, 1-től 10 napig terjedő időtartamok csapadékmennyiségét. Az így rendelkezésünkre álló adathalma-

zokból maximumsorozatokat választottunk ki, pl. az év 365 csapadéértékének legnagyobbikát, természetesen mind a tíz tartamra. Az egyes maximumokat előfordulási gyakoriságukkal, illetve visszatérésük várható időintervallumának nagyságával jellemeztük, azaz az ún. „visszatérési periódussal”, ami definíció szerint a valószínűség reciproka.



2. ábra:
A különböző visszatérési periódusú évi maximumok
halmozódásának mértéke

A 2. ábrán az évi maximumok halmozódásának mértékét tüntettük fel — Keszthelyre — a visszatérési periódus függvényében, a tartam egy naptól tíz napig való növelése esetén. A különböző tartamokhoz tartozó egyenesek — nyilvánvalóan — akkor vannak „távol” egymástól, ha a tartam növekedésével a hozzá tartozó csapadéérték is jelentősen megnőtt. Ez az egyenes arányban való változás a tartam 2 napra, illetve 3 napra való növelésével következik be a legerőteljesebben valamennyi állomásnál. A tartam további növelése esetén viszont egyre inkább „sűrűsödnek” az

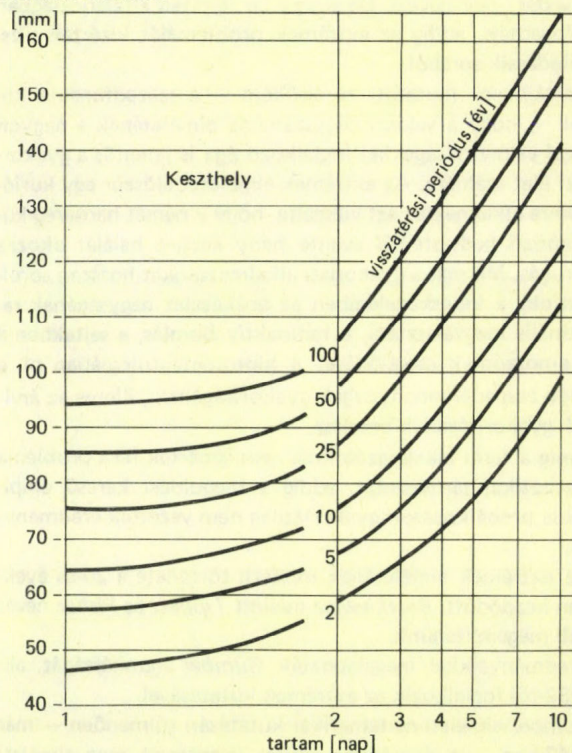


3. ábra:
Az évi csapadémaximumok relatív gyakorisága Keszthely
különböző hosszúságú észlelései alapján ($t = 1$ nap)

egyenesek. Ez egyértelműen arra utal, hogy tíz napnál hosszabb tartamra már szükségtelen kiterjeszteni a vizsgálatot. Számításainkat különböző hosszúságú adatsorokra is elvégeztük: 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, Keszthelyre 70, 80, 90 és 100 évre. A keszthelyi egy napos csapadékmennyiségek különböző hosszúságú soraiból meghatározott évi csapadémaximumok relatív gyakorisága a 3. ábrán látható. A 100 éves észlelés alapján készült hisztogram egyértelműen mutatja, hogy a nagy csapadéértékek eloszlása nem követi a Gauss-féle szimmetrikus normáeloszlást. A módus (leggyakoribb érték) a középértéknél mindig kisebb. Gumbel „exponenciális típusúnak” nevezte az extrém értékek eloszlását, mivel „egy adott értékkel egyenlő vagy annál nagyobb érték előfordulásának valószínűsége, a megadott érték növekedésével legalább olyan gyorsan konvergál nullához, mint egy exponenciális függvény”. A Gumbel-féle eloszlás balra torzult, exponenciális típusú eloszlás.

A 3. ábrán 10 éves észlelés alapján készült eloszlás is szerepel. Ez az egyetlen kiragadott példa (Keszthely, tartam = 1 nap) is egyértelműen bizonyítja, hogy a csapadémaximumok vizsgálatánál 10 (és 20) éves észlelési sorokkal nem szabad dolgoznunk. A legrövidebb, már esetleg felhasználható sorokat a 30 éves észlelések adhatják. Ebben a tanulmányban a többi állomás és a többnapos csapadékmennyiségek évi maximumainak gyakorisági eloszlására nem térünk ki.

A gyakorisági analízisnek a mindennapi életben hasznosítható eredményéhez úgy juthatunk, hogy az észlelési adatokhoz illeszthető regressziós görbéket kiszámítva, meghatározzunk bizonyos „állandó”, ún. standard visszatérési periódusú (a $T = 2, 5, 10, 25, 50$ és 100 éves) csapadémaximumok értékeit.



4. ábra:
Adott visszatérési perióduson belül, 1, 2, ..., 10 napos tartam
alatt várható maximális csapadékmennyiség (Keszthely)

A 4. ábrán a különböző időtartamú maximális csapadékmennyiség és a visszatérési periódus kölcsönös összefüggései vizsgálatának eredményeit, a felhasználás szempontjából legkényelmesebb formában adjuk meg, szintén csak Keszthely állomásra. Ezek az eredmények közvetlenül felhasználhatók a gyakorlatban.

A valószínű maximális csapadék becslése

A valószínű maximális csapadék (PMP: Probable Maximum Precipitation) egy adott időtartam alatt, adott területre lehullható csapadékmennyiség fizikailag lehetséges maximuma.

Az ismertetett gyakorisági analízissal a felhasznált észlelések tartományán belül vizsgálható egy elméleti eloszlásfüggvényhez való illeszkedés jósága. Ez azonban még önmagában nem jogosít fel a nagymértékű extrapolálásra. Másrészt viszont a rendelkezésünkre álló észlelési adatok hossza adott. A rendkívüli ritka események becslésénél — a statisztikai módszereken túl — fizikai megfontolások is szükségesek.

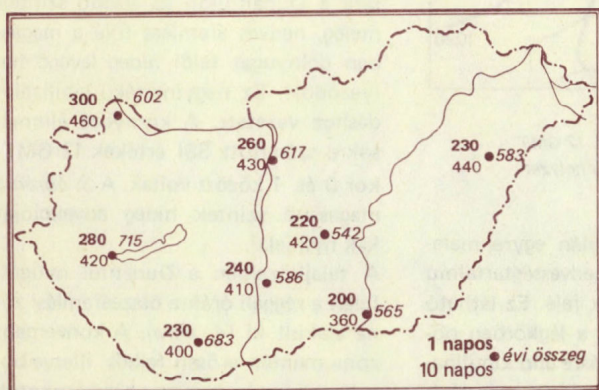
A PMP-becslés a különféle meteorológiai és statisztikai paraméterek becslésének kombinációját felhasználó statisztikai-fizikai módszer. Az eljárás kidolgozása *Hershfield* nevéhez fűződik.

A hidrometeorológiai adatok x nagysága felírható két tag összegeként: $x = \bar{x} + \Delta x$, ahol $\bar{x}$ a közép, Δx a középtől vett eltérés. Δx érték felírható a $\Delta x = K \cdot \sigma$ alakban, ahol σ a standard deviáció (szórás), a K pedig az ún. „gyakorisági tényező”, amit ez az egyenlet definiál.

Hershfield a fenti egyenletet a T visszatérési periódusra vonatkoztatva kapta az általános gyakoriság-eloszlási egyenletet: $x_T = \bar{x}_n + K\sigma_n$, ahol x_T a T visszatérési periódusú csapadékmaximum értéke, $\bar{x}_n$ és σ_n az n éves maximumsorozat átlaga és szórása.

Az általános gyakoriság-eloszlási egyenletből kaphatjuk a PMP-becslési formulát: $x_{\max} = \bar{x}_n + K_{\max}\sigma_n$. Ez egyrészt $K_{\max}$ értékének, másrészt az $\bar{x}_n$ és σ_n mennyiségek mintamérettől való függésének meghatározását jelenti.

A gyakorisági tényező *Hershfield* kutatási eredményei szerint — fordítottan arányos az évi csapadékmaximumok átlagával és egyenesen arányos a csapadéktartammal; maximuma eléri a 20-as értéket.



5. ábra:

A valószínű maximális csapadék (PMP) becsült értékei

$\bar{x}_n$ és σ_n az észlelési adatsor hosszától és minőségétől függ. A nyolc magyar klímaállomás 1901-60 közötti észleléseinek maximumsora a *Hershfield*-féle konkrét kritériumoknak eleget tett. Ennek alapján megállapíthattuk, hogy csapadékmaximum-sorunk elegendő biztonsággal használható a PMP-becslésekhez.

K maximális értékének 20-at választottunk, valamennyi tartam esetére. Az egy- és tíz napos tartamra így meghatározott valószínű maximális csapadéktételek láthatók az 5. ábrán. A területi eloszlásra valamennyi tartam esetén a Szeged környékén elhelyezkedő legkisebb és a Magyaróvár körüli legnagyobb érték jellemző. (A köztük lévő különbség 100 mm) Összehasonlításképpen egy klimatológiai átlagot is feltüntetünk az ábrán: az állomás 50 évi (1901-1950) átlagos csapadékösszegét.

Azonnal adódik a kérdés: az évi csapadékösszegnek csaknem fele lehullhat 24 óra alatt?

Számítási eredményeinket egyetlen mérési eredménnyel tudjuk alátámasztani, a 24 órás csapadék legnagyobb, hazánkban eddig észlelt értéke 260 mm volt, amit a Komárom megyei DAD-on mértek 1955-ben.

Schirokné Kriston Ilona

OLVASTUK...

Széladatok telefonon

Az egyik finn távbeszélő társaság új, nyilvános szolgáltatást vezetett be a nagyközönség, de főleg a kishajótulajdonosok és viziportolók számára: automata állomással mért széladatok közlését. A szóbanforgó távbeszélő társaság Finnország nyugati partvidékén, *Vaasa*-ban működik s ennek közelében, a legszelesebb parti övezetben szerelték fel a VAISALA gyártmányú szélmérőket és az adatfeldolgozó berendezést. Az érdeklődők feltárcsázzák az automata állomás telefonszámát (ami egyébként a telefonkönyvben is megtalálható) és az állomás válaszul emberi hangon bemondja az utolsó 10 perc átlagos szélsébségét és irányát tartalmazó üzenetet.

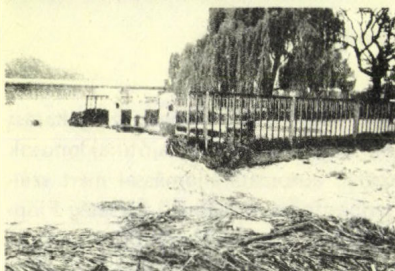
VAISALA NEWS
103/1984

(Az állomás feldolgozó egységének számítógépe ugyanis kiválasztja az előre magnóra vett szókészletből azokat a kifejezéseket, amelyek megfelelnek az éppen mért adatoknak, hasonlóan a Magyar Posta „pontos idő” szolgáltatásához).

(A szerk. megjegyzése)

AZ 1982. OKTÓBER ELSEJEI NYUGAT-DUNÁNTÚLI INTENZÍV CSAPADÉKTEVÉKENYSÉG SZINOPTIKUS FELTÉTELEI

1982. október elsején a Dunántúl nyugati felén igen intenzív esőzés volt. A lehulló csapadék mennyisége helyenként meghaladta a 100-140 mm-t. A szokatlanul heves esőzés több dunántúli folyó és patak kiöntését okozta (1. ábra). Következésként az árvizet



1. ábra:
A Perint-patak áradása Szombathelyen
1982. október másodikán

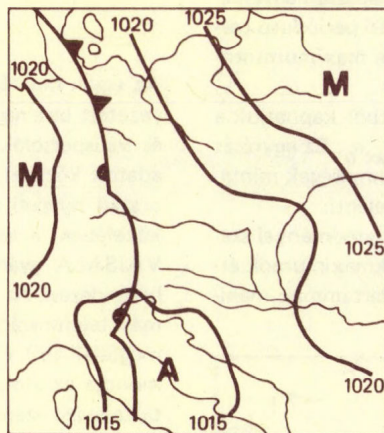
okozó intenzív csapadéktesztettség szinoptikus feltételeit vizsgáljuk. Egyben bemutatjuk, hogy az intenzív csapadékrendszer mezoléptékű objektumhoz kapcsolódott.

A szinoptikus helyzet 1982. október elsején

Október elsején 00 GMT-kor a Skandináv-félszigettől az Alpokon keresztül

Olaszország déli részéig éles frontálzóna húzódott, amely mentén 200-300 km-es sávban borult volt az idő, sokfelé esett az eső, délen zivatarok alakultak ki. A fronttól nyugatra és keletre egyaránt anticiklon helyezkedett el. A kelet-európai nagy kiterjedésű anticiklon megakadályozta, hogy a front nagy sebességgel kelet felé vonuljon. Az így lelassult frontálzónán Észak-Olaszország térségében a nap folyamán hullám képződött. A front északi része fokozatosan inaktívvá vált, míg az Észak-Olaszország felett kialakult hullámból a déli órákra zárt izobárral rendelkező önálló ciklon alakult ki.

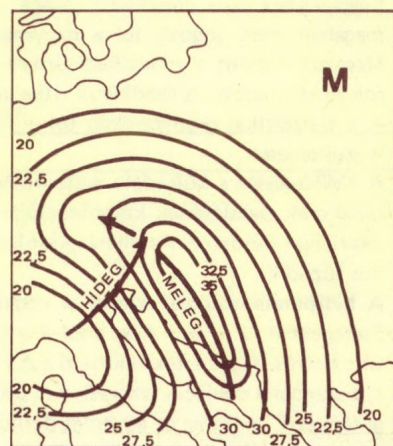
Az október elsejei 12 GMT-s talaj-szinoptikus helyzetet a 2. ábra mutatja



2. ábra:
1982. október 1. 12 GMT
talajszinoptikus helyzet

be. A ciklon előoldalán egyre melegebb és igen nagy nedvességtartalmú levegő áramlott észak felé. Ez látható a 3. ábrán, amelyen a légkörben potenciálisan rendelkezésre álló kihullható vízmennyiség eloszlását mutatjuk be. Az ábrán piros nyíl a nedves levegőt szállító alacsony szintű (1500 m)

áramlást, a melegnedves szállítószalagot jelöli. A déli, délkeleti irányú meleg, nedves szállítószalag tengelye



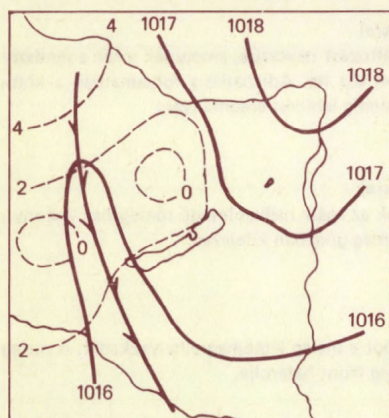
3. ábra:
1982. október 1. 12 GMT, W_p
A kék nyíl a magassági hideg advekción (500 mbar-on), a piros nyíl az alsóbb szintek meleg advekción (850 mbar-on)

12 GMT-kor a München-Szombathely-Zágráb vonalban húzódott.

A nap folyamán az Északnyugat-Európa felett található teknőből egy hideg légörvény szakadt le, amely egyre inkább megközelítette az Alpokat. Hatására a Dunántúlon az alsóbb szintek meleg, nedves áramlása fölé a magasban délnyugat felől hideg levegő helyeződött. Ez nagymértékű labilizálódáshoz vezetett. A környező állomásokra számított SSI értékek 12 GMT-kor 0 és 1 között voltak. A 3. ábrán a magasabb szintek hideg advekciónját kék nyíl jelzi.

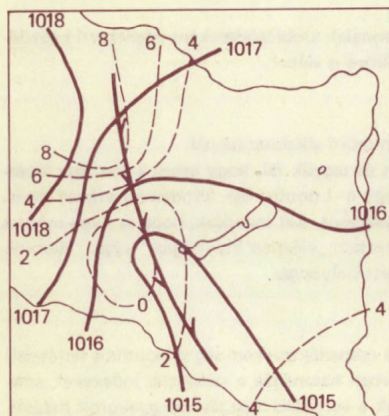
A talajközben a Dunántúl nyugati felén a reggeli órákra összeáramlási zóna alakult ki (4. ábra). A konvergencia zóna mentén erősen felhős, illetve borult volt az ég, a magas harmpontok a talajközeli nagy nedvességtartalomra utalnak. Csapadékot ekkor a térségből

még nem jelentettek. A konvergencia zóna a nap folyamán erősödni kezdett, emiatt a Dunántúl nyugati felén délelőtt eleredt az eső. A kora esti órákra Vas és Zala megye területén



4. ábra:
Összeáramlási zóna a Dunántúl nyugati felén
1982. október 1-én 06 GMT-kor
Az ábrán a folytonos vonal az izobárokat,
a szaggatott vonal az izotachákat jelöli

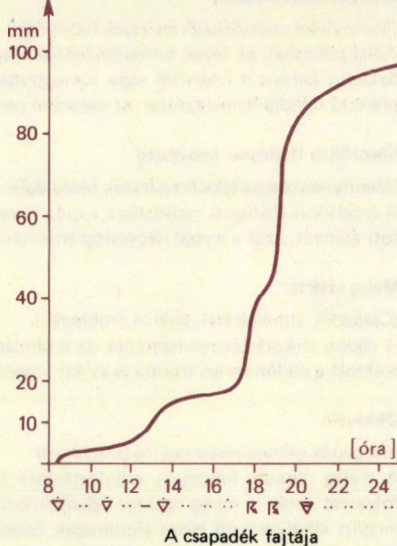
igen erős összeáramlás alakult ki. A már meglévő iránymenti konvergencia pedig sebességi konvergenciával is párosult (5. ábra). Az ábrán látható izotacha analízis is az erős sebességi konvergenciát bizonyítja. Az összeáramlási



5. ábra:
Összeáramlási zóna a Dunántúl nyugati felén
1982. október 1-én 18 GMT-kor
Az ábrán a folytonos vonal az izobárokat,
a szaggatott vonal az izotachákat jelöli

si zóna megerősödése és erős sebességi konvergencia kialakulása, a már déli órákban fennálló potenciális instabilitás felszabadulását okozta. Emiatt a nagy nedvességtartalmú levegőben igen heves záporok, zivatarok alakultak ki. Ezt támasztja alá a zalaegersze-

gi csapadék-tömeggörbe is (6. ábra). Az ábra szerint a nagymennyiségű csapadék zivatarból 17-től 21 óráig esett, mennyisége ezen időszak alatt elérte a 72 mm-t. A zivatart nem kísérte kifu-



6. ábra:
Zalaegerszegi csapadék-tömeggörbe
1982. október 1-én

tószél, mivel a légkörnek széles rétegben telítéshoz közeli volt a légállapota. A 18 órás csapadékösszeg Zalaegerszegen 98 mm volt, de a közeli Környemen ugyanezen időszak alatt 147 mm

csapadék hullott. A 24 órás csapadékösszeg területi eloszlását a 7. ábrán mutatjuk be. Az ábrán kék számokkal jelöltük a Duna 10 részvízgyűjtőjét. A 6-os számmal jelölt Rába vízgyűjtőjén a csapadék mennyisége területi átlagban kevéssel meghaladta a 30 mm-t. Az ábra szerint a csapadékszóna tengelye részint a melegnedves szállítószalag, részint a konvergencia zónával esik egybe. A nagy csapadékmennyiség kialakulását a tartós délkeleti áramlás is elősegítette, amely az Alpok előterében orografikus föláramlást okozott.

Az október elseje 06 GMT és október másodika 06 GMT között hullott nagymennyiségű csapadéknak tehát az alábbi okai voltak.

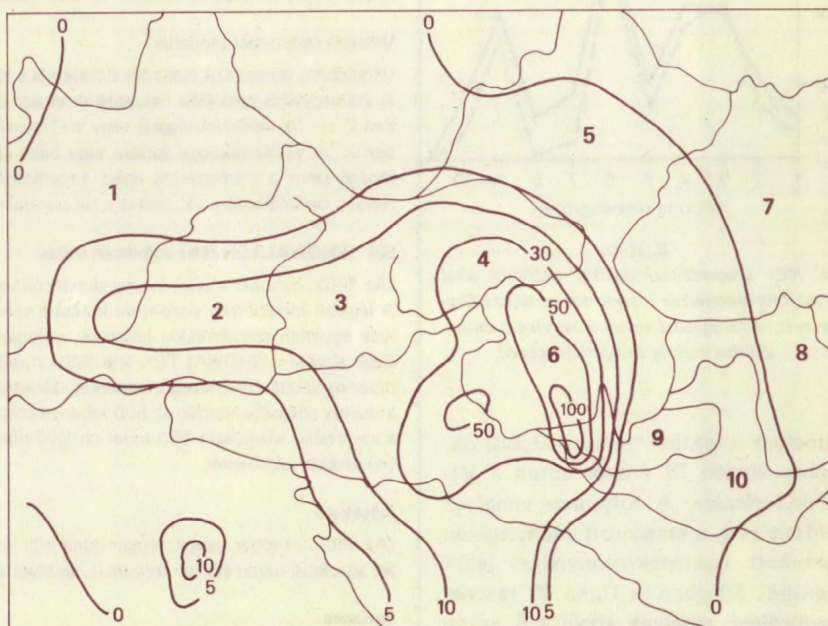
Az alacsony szintű nedves, meleg levegő beáramlásának a tengelye a Dunántúl nyugati felén húzódott.

Az alsó szintek meleg és a felső szintek erős hideg áramlása együttesen heves záporok, zivatarok kialakulásához vezetett.

Talajközeli konvergencia léte, majd megerősödése.

A tartós délkeleti áramlás az Alpok előterében orografikus feláramlást okozott.

Az Ukrajna felett elhelyezkedő anticiklon meggátolta, hogy az egész rendszer kelet felé helyeződjön, így tartós csapadéktevékenység alakult ki.



7. ábra:
1982. október 1. reggel 7-től október másodika reggel 7-ig hullott csapadék mennyisége
a Duna 10 részvízgyűjtő területén

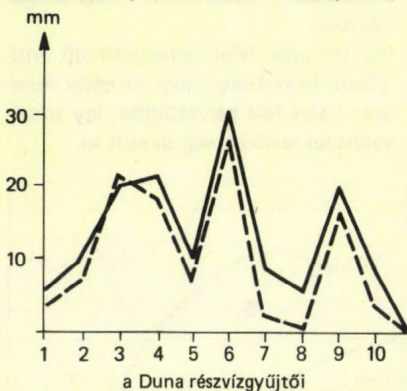
Előrejelzéseinkhez az általános szinoptikus helyzet és a csapadéktérképek értékelésén kívül különböző csapadék-előrejelzési modelleket használunk. Az 1982. október elseji szinoptikus helyzet esetében ezek az alábbi várható csapadéktevékenységre utaltak.

A hazai *találkozási modell* csapadékszinoptikai paraméterei (a potenciálisan kihullható vízmennyiség (W_p), a dinamikus telítési hiány ($RT - RT_t$) és a 850 mbar-os szint vertikális feláramlása) nagy csapadékmennyiséget okozó helyzetet mutattak.

A külföldi szolgálatoktól (svéd, nyugatnémet, angol) kapott, számítógéppel készített numerikus előrejelzések szintén nagymennyiségű csapadékot jeleztek előre.

A záporos, zivataros csapadékszenerek felderítését a radar- és műholdmegfigyelések is elősegítették.

A 8. ábrán látható a Csapadékszinoptikai Osztály által készített előrejelzés,



8. ábra:

A KEI Csapadékszinoptikai osztálya által készített előrejelzés (folytonos vonal az előrejelzett, a szaggatott vonal a tényleges csapadékmennyiség területi átlagban)

amelyet a fentiek felhasználásával október elsején 18 órakor adtuk a VI-TUKI részére. A folytonos vonal az előrejelzett, a szaggatott a ténylegesen lehullott csapadékmennyiséget jelöli területi átlagban a Duna 10 részvízgyűjtőjére, amelyek közül a 6. számmal jelzett a Rába vízgyűjtőjét is magában foglalja.

Bonta Imre

KISLEXIKON

FOLYÓIRATUNKBAN ELŐFORDULÓ SZAKKIFEJEZÉSEK MAGYARÁZATA

Adiabatikus folyamat

(Mennyiségi csapadék-előrejelzések hidrológiai célokra)

Adiabatikusnak az olyan termodinamikai állapotváltozást nevezzük, amelynek során a rendszer határain keresztül hőátvitel vagy tömegátvitel nem lép fel. Adiabatikus folyamatban a kompresszió mindig felmelegedést, az expanzió pedig mindig lehűlést eredményez.

Specifikus (fajlagos) nedvesség

(Mennyiségi csapadék-előrejelzések hidrológiai célokra)

A specifikus (fajlagos) nedvesség a vízgőz tömegének az egész nedves levegő tömegéhez viszonyított arányát, azaz a levegő nedvességtartalmát adja meg g/kg-ban kifejezve.

Meleg szektor

(Csapadék előrejelzések sajátos problémái)

A ciklon cirkulációs rendszerének az a területe, ahol a meleg légtömeg elhelyezkedik. A meleg szektort a ciklon meleg frontja és az azt követő hideg front határolja.

Okklúzió

(Csapadék előrejelzések sajátos problémái)

A meleg szektor fokozatos csökkenésének földfelszíni folyamatát nevezzük okklúzióknak. A folyamat során a meleg szektor felszámolódik, a ciklon meleg frontja előtt és a hideg frontja mögött elhelyezkedő hideg légtömegek összekapcsolódnak. (Gyakran az okklúziós frontot is egyszerűen okklúzióknak nevezzük.)

Mezo-rendszer

(Csapadék előrejelzések sajátos problémái)

A néhány tíz km-es horizontális mérettel és néhány órától 2-3 napig terjedő életciklussal rendelkező légköri mozgárendszer. A legfontosabb mezo-skálájú rendszerek: instabilitási (zivatar) vonalak, nagy konvekciós rendszerek, hurrikánok és bizonyos vonatkozásban a nagyobb méretű időjárási képződmények (frontok, csapadéköv) részei is.

Peremhullám (vagy peremhábörgés)

(Csapadék előrejelzések sajátos problémái)

A központi nyomásrendszer peremén, az áramlási vonalak kiöblösödéseként jelentkező képződmény, amely a központi rendszertől elszakadva önállóvá is válhat.

Véletlen bolyongás modellje

(Rövidtávú numerikus csapadék-előrejelzés a Kálmán-szűrő alkalmazásával)

A számegyenes origójába helyezzünk el egy pontot és tegyük fel, hogy innen a pont egy lépésben ($1/2 - 1/2$ valószínűséggel) vagy a +1 pontba, vagy a -1 pontba lép. Minden következő lépésben is $1/2$ valószínűséggel jobbra vagy balra lép egységnyit. Azt mondjuk, hogy az ilyen módon mozgó pont a számegyenes egész koordinátájú pontjain „véletlen bolyongást” végez. Hasonló módon definiálható a sík, illetve a tér pontjain végzett bolyongás.

SSI (SHOWALTER-féle) stabilitási index

(Az 1982. október elseji nyugat-dunántúli intenzív csapadéktevékenység szinoptikus feltételei) A légköri instabilitási viszonyok leírására széles körben használják a stabilitási indexeket, amelyek egyetlen számmal jellemzik a légoszlopok a vertikális mozgásokra gyakorolt hatását. Ezek egyike a SHOWALTER-féle (SSI) stabilitási index. (Értékét úgy állítjuk elő, hogy a 850 mbar-os szinten lévő levegőrészecskét szárazadiabatikusan az emelési kondenzációs szintig, majd a nedves adiabata mentén az 500 mbar-os szintig emeljük. Az ott felvett hőmérsékletét kivonjuk a zavartalan környezet 500 mbar-on lévő hőmérsékletéből). Instabilitást az SSI alacsony (negatív) értékei jelentenek.

Advekción

(Az 1982. október elseji nyugat-dunántúli intenzív csapadéktevékenység szinoptikus feltételei) Az advekción olyan átviteli folyamat, amelyet a légkör áramlási mezeje bonyolít le.

Izotacha

(Az 1982. október elseji nyugat-dunántúli intenzív csapadéktevékenység szinoptikus feltételei) Egy meghatározott felületen azokat a pontokat összekötő vonalak, amely pontokban a sebesség azonos.

Schirokné Kriston Ilona

RENDKÍVÜLISÉGEK HAZÁNK IDŐJÁRÁSÁBAN 1984 - BEN

A népgazdaság különböző területein zavarok keletkezhetnek, ha az időjárásban a megszokottól lényegesen eltérő események következnek be. Ugyancsak kellemetlenül érinti az embereket is, ha munkájukat nagy hidegben vagy melegben, esetleg a sok esőtől felázott talajon, nehéz körülmények között kell végezniük. Az ilyen rendellenes időjárási események nagy megpróbáltatásokat okoznak a termelésben és nem utolsósorban az emberek idegi, fizikai és egészségi állapotában.

Nem érdektelen tehát számbavenni azokat az időjárási szélsőségeket, amelyek leginkább meghatározói voltak a termelésben elért sikereinknek vagy a sikertelenségeknek. A legdöntőbbben mindig is a víz, a hő és fény határozzák meg gazdálkodásunkat. Ezek bősége vagy hiánya lényeges építőeleme gazdasági eredményeinknek. Minden további időjárási esemény csak hozzátehet ezek építőmunkájához, vagy éppen elvehet belőle.

Ezek után elemezzük időjárásunk legfőbb meghatározóit, hogyan is alakultak 1984-ben és találhatunk-e bennük szélsőséges vonásokat.

Csapadék

Az év folyamán — Magyarország területén — a csapadék térbeli és időbeli eloszlása igen szeszélyes volt. Mindjárt a január sok csapadékkal hívta föl magára a figyelmet: az országos átlag a 104 éves rangsorban a 26-ik helyre került. Igazi szélsőséggént említhetjük Pécs januári csapadékát, amely a maga 106 mm-ével a legtöbb volt, amit 1881 óta mértek a pécsi megfigyelő állomáson. A bőcsapadékú január után hosszantartó száraz periódus következett.

Februárban és áprilisban főként az ország keleti felében hiányzott a csapadék, márciusban országos méretű volt a szárazság annak ellenére, hogy a hónap utolsó napjaiban hazánk ÉK-i területein, a hónap első napjaiban Bács-Kiskun megye D-i részén jelentős eső (15-30 mm) hullott.

Szerencsére a májusi zivataros időjárás igyekezett pótolni az előző időszak csapadékhiányát, amelynek eredményeként a havi csapadékösszeg országos átlaga 98 mm volt, és ezzel a 104 éves rangsorban a 8-ik legcsapadékosabb májusnak számít. Az utóbbi 30 évben ennél jóval előkelőbb, a 3-ik helyet foglalja el az esős májusok sorában. Ennél csapadékosabb csak az 1965-ös (99 mm) és az 1978-as (106 mm) május volt. Érdemes megemlíteni, hogy 1978 után öt éven át száraz májusok következtek.

1984 májusában rekord mennyiségű csapadékot mértek a következő állomásokon: Kékestető 224 mm, Királyrét 219 mm, Salgótarján 218 mm, Galyatető 212 mm, Balassa-

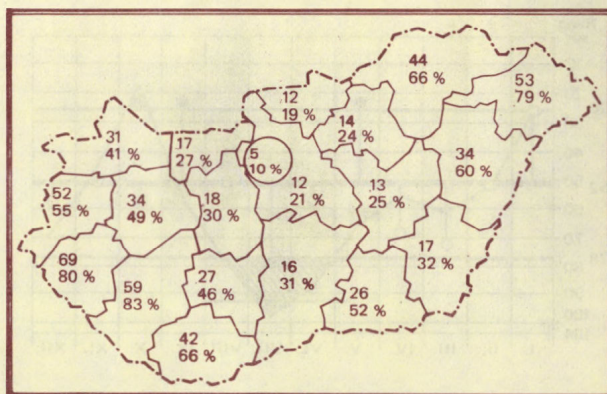
gyarmat 156 mm. A felsorolt csapadékösszegek felülmúlták a normál májusi csapadék 200 %-át, sőt Salgótarjánban a 300 %-ot is. A Budapest KMI-ben mért 148 mm májusi csapadék szintén rekordközeli érték, hiszen ennél több eső májusban 1881 óta csupán három esetben hullott (1899-ben 152 mm, 1937-ben 152 mm, és 1911-ben 149 mm).

Ellenkező előjellel beszélhetünk a júliusi csapadékról, mert ebben a hónapban számos negatív rekord született. A havi csapadékmennyiség az ország területén 0-137 mm között alakult olyan területi eloszlásban, hogy a minimum a főváros térségében, a maximum Somogy megye déli részén fordult elő.

A legszárazabb területek közé tartozott Budapesten kívül egész Pest, Nógrád, Heves és Szolnok megye, sőt ide sorolható még Békés, Bács, Fejér, Komárom és Csongrád megye nagy része is.

Különösen a főváros térségében volt rendkívüli a szárazság. A júliusi csapadék területi átlaga Budán 4,2 mm (21 mérőhely alapján), a pesti oldalon 6,2 mm (27 csapadékkállomás megfigyelése szerint). Lokálisan mindkét térségben előfordult, hogy egy-egy állomáson egyáltalán nem hullott eső, de a KMI-ben mért 3 mm, a Budaörsön és a Szabadság-hegyen mért 4-4 mm is rekordértéknek számít az eddigi adat-sorban. Ugyancsak negatív rekord vagy ahhoz közeli érték az alábbiakban felsorolt állomások júliusi csapadéka. Galyatető, Lőrinci, Kecskemét: 3-3 mm. Gyöngyös, Örkény, Kunszentmiklós 4-4 mm. Szentendre, Kékestető, Salgótarján, Balassagyarmat 5-5 mm.

Az 1. ábrán az 1984 júliusi csapadék megyénkénti területi átlagait (mm), valamint ezeknek az átlaghoz viszonyított értékeit (%) tüntettük fel. Látható, hogy Budapesten kiugróan kevés (5 mm) volt a júliusi csapadék területi átlaga, amely csupán 10 %-a a szokásos mennyiségnek. Nógrád,



1. ábra:

A csapadék megyénkénti területi átlaga (mm) 1984 júliusában

Pest, Heves és Szolnok megye területén is igen nagy volt a szárazság. A júliusi csapadék megyei átlaga nem érte el a 15 mm-t, és ez a sokévi átlag negyedénél is kevesebb. A szintén csapadékszegény Komárom, Fejér, Bács és Békés megyék területére a normál mennyiség egyharmada hullott le, amely átlagosan kisebb, mint 20 mm.

Az 1984. évi időjárás szeszélyességét hangsúlyozza, hogy voltak olyan csapadékos időszakok, amikor heves zivatarokkal kísért esőzések következtében számos állomáson egy nap alatt több mint 50 mm csapadékot mértek. (A zivataros napok évi száma országosan 37).

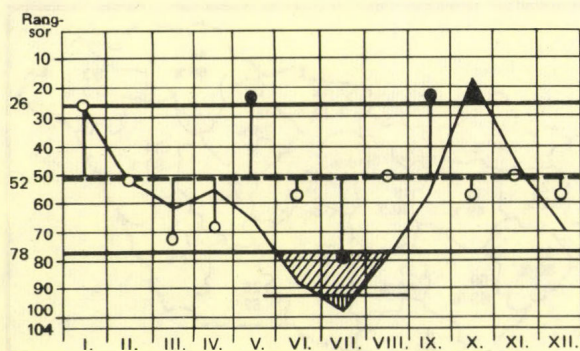
Különösen augusztus és szeptember tűnt ki e tekintetben, mivel augusztusban 5 olyan nap volt, amikor valamely csapadékmegfigyelő állomásunkon 24 óra alatt 50 mm-nél nagyobb csapadékot mértek, szeptemberben pedig 6 nap. Ezek a napok augusztusban 32, szeptemberben 87 csapadékalomásunk jelentett több mint 50 mm csapadékmennyiséget.

Nagyon ritka az olyan nagy mennyiségű csapadék, mint amit augusztus 11-én a Szabolcs megyei Csarodán mértek. A 24 óra alatt lehullott 126,5 mm csapadék már komoly károkat is okozhat.

Hőmérséklet

Hazánk 1984. évi középhőmérsékletének területi átlaga 9,8 °C, a csapadékösszeg területi átlaga 589 mm. Ezzel szemben a sokévi átlagok 10,2 °C, illetve 625 mm. Ha csak ezeket az adatokat néznénk, gyorsan levonhatnánk azt a következtetést, hogy az 1984-es év az átlagosnál valamivel hűvösebb és kissé szárazabb volt. Ebben viszont semmi rendkívüli nincs, mivel ilyen évek az esetek nagy százalékában előfordulnak.

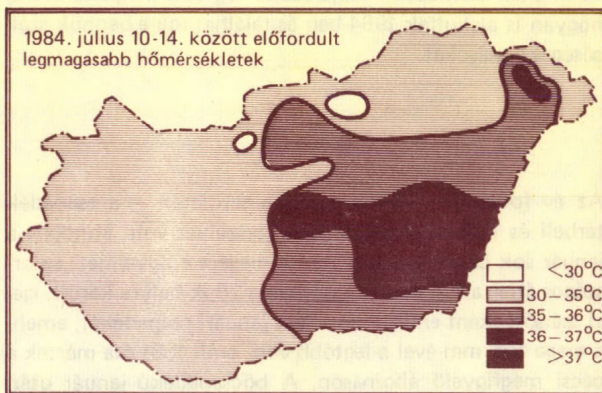
Azt azonban még az átlag ember is érezte, hogy valami rendellenességnek mégis csak lennie kellett az időjárásban. A lassú kitavaszkodás miatt késett a vegetáció megindulása, ebből következett, hogy késve és drágán jelentek meg a piacon a primőr zöldségek és gyümölcsök. A továbbiakban érezhettük, hogy néha igen sok az eső, máskor meg alig van belőle. A nyaralók pedig egyre türelmetlenebbül várták, hogy legalább az átlagos nyárnak megfelelő meleg legyen. Ez az óhaja azonban 1984-ben csak kevés embernek teljesülhetett.



2. ábra:

A havi középhőmérsékletek és csapadékösszegek területi átlagainak elhelyezkedése a 104 éves rangsorban 1984-ben

Adott esetben az átlagos éghajlati jellemzők nagyon jó tájékoztatást adnak egy ország klímaviszonyairól, de közel sem adnak elegendő információt a szélsőséges időjárási jelenségekről, amelyeket pedig a gazdaság különböző ágazatainál, a tervezéseknél feltétlenül figyelembe kell venni. Hogy milyen szélsőségeket takarnak az átlagos értékek, arra nagyon jó példát szolgáltatott az 1984-es év. Ha vizsgáljuk hazánk havi középhőmérsékletének területi átlagát, és azt az eddig meglévő 104 év (1881-1984) rangsorába helyezzük, azonnal szembeötlő, hogy az egyes hónapok nagyon eltérő pozíciót foglalnak el (2. ábra). Az ábrára függőlegesen a 104 évet vittük fel, vízszintesen a hónapokat. A görbe vonal törésvonalai jelzik azt, hogy az adott hónap a rangsorban hányadik helyen áll. A középen lévő vastag vonallal a középső (52-ik) értéket jelöltük, míg a 26-nál és a 78-nál meghúzott vastag vonal a felső, illetve alsó negyed (kvartilist) jelenti. Mindössze január, október és november helyezkedik el a középvonal fölött, a többi ez alatt, amiből természetesen következik az, hogy az 1984-es év középhőmérséklete alacsonyabb volt az átlagosnál. Januárt követően a hónapok a mezőny alsó felében helyezkednek el, sőt a három nyári hónap a legalsó negyedben van, ezen belül július a 98-ik a rangsorban, és ez már bizonyos mértékig a rendkívüli időjárási események közé tartozik. A július rendkívüliségét tovább hangsúlyozza, hogy az igen hűvös idő közepette volt egy 4-5 napos (10-14-e között) igen erős felmelegedés, amikor a napi maximumok elérték a 30-35 fokot (3. ábra). Az ábrán láthatóan két olyan terület



3. ábra:

1984. július 10-14. között előfordult legmagasabb hőmérsékletek

van, ahol július 12-13-án a maximum hőmérsékletek 36 fok fölé emelkedtek, sőt Tiszakécskén 37,4 fokot mértek. Ennek ellenére a július középhőmérséklete pontosan ezeken a területeken maradt el leginkább a sokévi átlagtól. Visszatekintve a 2. ábrára, még azt állapíthatjuk meg, hogy az október az átlagosnál lényegesen melegebb volt. A rangsorban a 17-ik helyre került, amivel természetesen bejutott a felső kvartilisbe, de ezt a helyezését még nem tekinthetjük rendkívülinek hazánk időjárásában, mégis azt mondhatjuk, hogy a több hűvös hónap után igazán kellemesen hatott a meleg október.

Az ábrán látható pontok a havi csapadékösszegek területi átlagának a rangsorban való elhelyezkedését jelölik. Azon-

nal kitűnik, hogy három az átlagosnál lényegesen csapadékosabb hónap volt, mégpedig január a 26-ik, május a 24-ik és szeptember a 23-ik a 104 év rangsorában. A többi hónap csapadéka a mezőny második felében található. Ezek között is a legszárazabb a július, amely a rangsor 80-ik helyére került.

Mint a 2. ábrán is láthattuk az 1984-es év nyara rendkívül hűvös volt, és ezen belül is július állt az élen. Ezt figyelembe véve megvizsgáltuk azt, hogy 1984 nyara hogy helyezkedik el a rangsorban. Az 1. táblázatból látható, hogy az ab-

Napfénytartam

A napfényes órák számában semmi rendkívülit nem jegyezhetünk fel 1984-ben. Egyes rövid időszakokban az átlagot meghaladó, majd huzamos ideig az átlagtól elmaradó napsütésben volt részünk. Így az egész évre jellemzően megállapíthatjuk, hogy az átlagosnál kevesebb volt a napsütés. Csupán Békéscsaba körzetében érte el a megszokottat, míg Szeged, Kalocsa, valamint Nyíregyháza és Debrecen térségében 10-13 %-kal maradt el az átlagostól.

1. táblázat:

Hazánk nyári és júliusi hőmérsékletének, illetve csapadékának területi átlagai 1984-ben és azok elhelyezkedése az 1881-1984-ig terjedő időszak (104 éves) rangsorában

Évek	Hőm. közép		Csap. összeg		Abszolút sorrend hőmérséklet + csapadék alapján		Évek	Hőm. közép		Csap. összeg		Abszolút sorrend hőmérséklet + csapadék alapján	
	Sorrend	Nyár °C	Sorrend	Nyár mm	Évek	Pont		Sorrend	Július °C	Sorrend	Július mm	Évek	Pont
1913	1	18,23	11	286	1984	5	1913	1	17,62	11	126	1984	4
1978	2	18,35	3	201	1978	5	1978	2	18,63	6	81	1919	6
1926	3	18,45	9	277	1919	10	1926	8	19,63	8	97	1978	8
1984	4	18,56	1	156	1913	12	1984	3	18,66	1	36	1980	10
1940	5	18,59	12	324	1926	12	1940	9	19,99	7	94	1913	12
1884	6	18,70	6	236	1884	12	1884	11	20,68	4	70	1918	13
1965	7	18,76	7	276	1965	14	1965	7	19,58	9	105	1884	15
1919	8	18,80	2	172	1980	14	1919	4	18,71	2	67	1940	16
1980	9	18,83	5	228	1918	14	1980	5	18,93	5	75	1965	16
1918	10	18,84	4	217	1940	17	1918	10	20,10	3	69	1926	16
1914	11	18,91	10	281	1882	20	1914	6	19,42	12	131	1914	18
1882	12	18,96	8	277	1914	21	1882	12	21,33	10	121	1882	22

szólót sorrendben a negyedik leghűvösebb nyár volt az 1984-es. Ennél hűvösebb csak 1913-ban, 1978-ban és 1926-ban volt. Hazánk egyik legmelegebb városában, Pécsen viszont ez volt az elmúlt 100 év leghűvösebb nyara. Általában a hűvös nyarak az átlagosnál csapadékosabbak is. Ez az állítás nem érvényes az 1984. évre, mert ha a figyelembe vett 12 hűvös nyarú évet a csapadék szerint is rangsorba állítjuk azt kapjuk, hogy 1984 volt közöttük a legszárazabb, és ezen kívül csupán 1919-ben volt a sokéves átlagnál (200 mm) kevesebb a nyári csapadék. A többi hűvös nyarú év ezzel szemben valóban az átlagosnál csapadékosabb volt. A két időjárási tényezőt figyelembe véve (helyezési pontjait összeadva) azt kapjuk, hogy 1984 és 1978 kerül az első helyre. Megvizsgáltuk a két időjárási tényezőt július hónapra is a már szóbanforgó 12 évre. Itt azt kaptuk, hogy a hőmérsékleti rangsorban július a harmadik, a csapadékban pedig az első helyen áll, ami összesítésben is az első helyet jelenti 1984-nek.

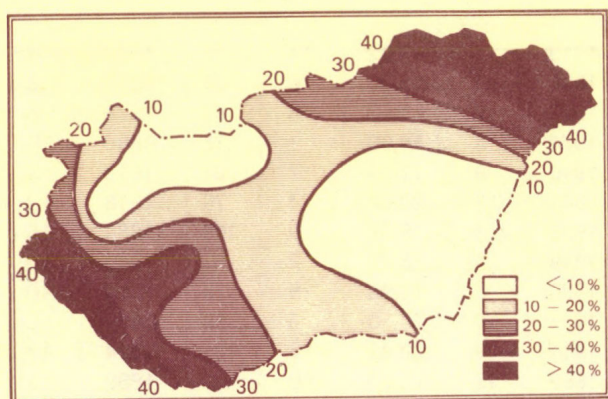
Ilyen kevés nyári csapadék mellett, ha csak átlagosan meleg nyarunk lett volna, akkor igen súlyos aszály-helyzetről beszélhetünk 1984-ben, de a hűvös idő csökkentette a növények párologtató képességét, és nem okozott olyan nehéz helyzetet az országban, mint az egyébként kissé csapadékosabb, de igen meleg idő 1983-ban. Így csupán a legkevésbé csapadékos területeinken okozott gondot a termelésben, és azt találóan nevezhetjük „hideg aszály”-nak is.

Az időjárás hatása a mezőgazdasági termelésre 1984-ben

A januári csapadékosabb időjárás nem tudta pótolni az előző hónapokból származó nedvességhiányt a termőtalajokban. A januárt követő időszak sem bővelkedett csapadékban. Az átlagos csapadékú februárt egy viszonylag száraz március követte. Így április elején a talajok nedvességtartalma csak 70 % körüli volt, az egyébként ilyenkor szokásos 80-90 % helyett. Sajnos április sem hozott lényeges változást a talajvízkészletben, mivel a lehullott csapadék olyan kevés volt, hogy az csupán a természetes párolgást pótolta. Május elejére tehát olyan helyzet alakult ki a mezőgazdaságban, hogy a kevés nedvesség miatt nem lehetett a tavaszi vetéseket zavartalanul elvégezni, és a gabonák is fejletlenekebbek voltak. A gabonát illetően már-már a legrosszabbra lehetett gondolni, amikor májusban megindult, és gyakorlatilag az egész országra kiterjedt az esőzés. Ez a kedvező fordulat szinte az utolsó pillanatban érkezett. A gabonák fejlődése igen intenzívvé vált, az egyéb már elvetett vagy vetésre váró növények kelési feltételei is optimálissá váltak. A gabonák a májusban képződött tartalék nedvességből tartottak aratásig, és ahol még közben is volt némi eső ott már igazán csak a rekord mennyiséget kellett betakarítani. Teljesen másként alakultak a nyári vegetációjú növények életfeltételei a nyár folyamán. Májust követően hazánk

hosszú időn át olyan légköri áramlás hatása alá került, amely a DNY-i és ÉK-i területeinken többször okozott kiadós esőzéseket, míg a DK-i és ÉNy-i részeken elmaradt a csapadék. Ez a helyzet több, mint két hónapon keresztül tartott, és így augusztus 5-én a talajok nedvességekészlete a kevés csapadékú területeken megközelítette azt a kritikus szintet, amelynél a növények irreverzibilis károsodást szenvednek, ha ez az állapot huzamos ideig fennmarad (4. ábra). Ott ahol a talaj vízkészlete 10 % alá süllyedt, sok helyen meg kellett kezdeni a kukoricák kényszerbetakarítását. Azokon a területeken, ahol sikerült a száraz időszakot átvészelni, nagyon jó kukorica, burgonya és cukorrépa terméseredmények születtek.

A kevésbé hőigényes növényeinknél tehát az ideai hűvös nyár nem okozott jelentősebb termésnövekedést, sőt a minőségük is kedvezően alakult. Nem így az olyan növényeknél, amelyek igénylik a meleget, mint pl. a szőlő és a pap-



4. ábra:

A talajok 0-50 cm-es rétegének nedvességekészlete a felhasználható vízkészlet %-ában 1984. augusztus 5-én

rika. Azért említjük csak ezeket, mivel különösen e két növény esetében okozott a hőhiány lényeges minőségromlást. Fűszerpaprikánál a termés egy része nem tudott beérni, másrészt a beérő termésben a festékképződés nem volt a minőségi igényeknek megfelelő.

A szőlő az elhúzódó kitévaszódás miatt csak késve kezdte vegetációját, és hátrányát a továbbiakban sem tudta behozni éppen a hűvös időjárás következtében. A szőlőfürtök nem növekedtek megfelelően, és a cukorképződés is messze elmaradt a szokásostól. Még a legédeesebb szőlőfajtáknál sem tudtak 14-15 cukorfoknál jobb mustot előállítani, holott jobb évjáratokban nem ritka a 20-22 fokos must sem.

Végül is megállapíthatjuk, hogy az 1984-ben jelentkező időjárási rendellenességek igen erősen éreztették hatásukat a mezőgazdasági termelésben. Egyes terményekből (gabona) rekord-termést takaríthattunk be, amelyet nagyrészt a május igen bőséges csapadéknak köszönhetünk, ugyanakkor jelentős minőségi és mennyiségi termésnövekedést okozott a rendellenesen hideg nyári időjárás egyes zöldség- és gyümölcsfajtáknál.

Szalma Jánosné – Dr. Stollár András

OLVASTUK ...

Olasz automata állomások

Az Olasz Meteorológiai Szolgálat 7 állomásból álló kísérleti hálózatot helyezett üzembe, amely a METEOSAT műhold közvetítésével küldi táviratait. A DCP-nek, (Data Collection Platform = „adatgyűjtő fedélzet”) rövidített állomások földrajzi helyzetét és tengerszintfeletti magasságát, valamint jelzőszámát a térkép vázlat, ill. a táblázat szemlélteti.

DCP 1	(Aosta)	16054	547 m
DCP 2	(Novi Ligure)	16118	189 m
DCP 3	(Isola di Palmaria)	16129	192 m
DCP 4	(Ferrara)	16138	10 m
DCP 5	(Fucino)	16227	690 m
DCP 6	(Isola di Salina)	16415	46 m
DCP 7	(Isola di Carlo-for-te)	16549	12 m

A DCP-ket nyolc érzékelővel látták el a szélirány és szélsebesség, légnyomás, léghőmérséklet, relatív nedvesség, csapadék, talajhőmérséklet és a globálisugárzás mérésére. A DCP érzékelői folyamatosan mérik az elemeket, táviratot viszont csak óránként egyszer küldenek. Az állomás mikroszámítógépe néhány helyi feldolgozást is elvégez, így pl. képezi a légnyomás tengerszinti redukcióját és tendenciáját, a széladatok 10 perces vektorális átlagát, valamint összeállítja a táviratot a WMO FM 12-VII SYNOP kód szerint. Ezen távirat 1. része az ismert – és nálunk is használt – csoportokból áll, az 5. rész viszont (amely 7 csoportot tartalmaz), a globálisugárzás és talajhőmérséklet mellett több műszaki paramétert jelent, így pl. a telepek feszültségét, az egyes érzékelők üzemképességét, az aspirátor helyes működését, stb. Ebben a részben az első csoport a globálisugárzás előző 24 órára integrált összegét tartalmazza, a második pedig a talajhőmérsékletet.



Az új olasz automata állomások táviratait a METEOSAT-nak az NSZK-ban levő földi állomása gyűjti és 20 perccel a terminus idő után az Offenbach-i regionális központ tölti be a Globális Távközlési Rendszer (GTS) adatáramlásába. Az érdekelt országok ezeket a jelentéseket a főterminusokban SMEU 1 EESA, a mellékterminusokban SIEU 21 EESA, a közbelső órákban pedig SNEU 21 EESA fejlécű bulletinekben vehetik.

A színes fotózás alapjai

A könyvnyomtatás megszületésével és a nagy ipari forradalommal kezdődött a ma emberek számára a világ bizonyos értelemben vett elszíntelenedése. Az újság, a mozi, a televízió és a fényképezés szintén hozzásegített ehhez, amelyek ugyancsak szürkék voltak, mint amilyen szürkévé vált maga az ember is.

A szürke megdönthetetlennek látszó túltengése uralja ma is pl. a férfidivatot, holott alig 150 évet kell visszatekintnünk az időben, hogy a legélénkebb piros, sárga, kék, zöld stb. színekkel találkozassunk a férfiruhák között, mégpedig a legjobb ízlésű, legműveltebb néprétegek viseletében is. Az emberiség újabban megint erőteljesen érdeklődik a színek iránt. Egyre inkább a színek felé fordul a sajtó, a TV, a nyomdaipar és a lakberendezés is. A színek visszaadhatóságának problémája a fényképezés történetének kezdete óta foglalkoztatja az emberiséget. 1816-ban *NICÉPHORE NIEPCE*, a fényképezés feltalálója az alábbiakat írta: „Eddigi kísérleteim azt a hitet keltik, hogy eljárásom lényegében sikeres lesz, azonban el kell jutnom odáig, hogy a színek rögzítése is sikerüljön. Ez foglalkoztat most leginkább és ez a legnehezebb. Enélkül a dolog értéktelen lenne.” Aztán folytatódta a kísérletek, és 1907-ben elkészült az első színes fénykép.

Előljáróban ennyit a színes fényképezés történetéről. Az időjárási jelenségek színesben történő megörökítése — legyen az dia- vagy akár papírkép — kétségkívül nagyobb élményt nyújt a fekete-fehérről.

Milyen fényképezőgéppel készíthetünk színes felvételeket?

Színes felvételt minden olyan géppel készíthetünk, amelybe az adott méretű színes fényérzékeny anyag (film) betölthető. Valóban, folyik egy kisméret — nagyméret vita, de amatőr igényeket kielégít a normál kisfilmes gép is. Kivételt képeznek az újságok által megkívánt, legalább 6x6 cm-es méretű, úgynevezett fordított színes filmre fényképezett, klisé készítésére alkalmas felvételek.

A mai korszerű fényképezőgépek objektívjei rendszerint akromátok. Ilyenek a modern (Tessar, Industar, Sonnar, Jupiter, Pancolar stb.) objektívek, amelyek a színes felvételek szempontjából jól korrigáltak. A színhelyesség szempontjából igen fontos a „T” réteg, mert az ezen bevonat nélküli objektív vesztesége 40 %, a színes kék vagy bíbor színben játszóké 25 %, míg a legújabb sárgás, illetve színtelen „T” — rétegé mindössze 9%. A korszerű fényképezőgépek objektívjei mind rendel-

keznek „T” réteggel. Fontos, hogy a gép zárszerkezete pontos legyen, s mindenkor a beállított expozíciós időt nyújtsa.

Hogyan kezdünk hozzá a színes fotózáshoz?

Igen sokan vannak, akik színes fényképezéssel szeretnének foglalkozni, de azt igen bonyolult, veszélyes vagy szaktudást igénylő feladatnak képzelik el. Amikor egy-egy kezdő fotós elkészíti első színes felvételeit, csodálkozikva szemléli azokat és sajnálja, hogy nem előbb kezdte el.

Először is két eljárási mód közül kell választanunk. A kérdés, hogy színes papírképet kívánunk-e készíteni, vagy csupán vetítésre alkalmas diapositív előállításra a célunk, aszerint készíthetjük felvételeinket:

- fordított színes filmre vagy
- negatív színes filmre.

Ha fordított színes filmre fotózunk, akkor a film kidolgozása után az ún. színes diapositívokat vetítőkészülékbe vagy diánézőbe helyezve szemlélhetjük. E fordított filmről színes papírképek is készíthetők.

Ha viszont negatív színes filmre készítjük felvételeinket, akkor a film kidolgozása után egyaránt készíthető fekete-fehér vagy színes papírkép is.





Amikor eldöntöttük, hogy a színes fényképezés két formája közül melyiket választjuk, akkor tisztázni kell, hogy felvételeinket milyen fényforrás mellett készítjük. Ugyanis a színes filmek háromféle színérzékenyítéssel készülnek: napfényhez, műfényhez és univerzális alkalmazásra.

Ha megfigyeljük a körülöttünk lévő tárgyak színét, azt tapasztaljuk, hogy színük két tényezőtől függ: a tárgynak a saját- és a megvilágítást adó fénynek a színétől. A fürdőszoba fehér csempéje pl. a reggeli órákban sárgászöld, délután kékes színű, délután sárgás, míg a lemenő nap sugarától sárgászöld, majd később kékeszürkéké válik színes felvételeinkben. Valamely fényforrás fényének színösszetételét a színeképben található kék és narancs színű sugarak egymáshoz való viszonya határozza meg.

A napfényre érzékenyített színes filmet használhatjuk vakus felvételek készítésére is. Más belső fényképezéshez használt fényforrásoknál műfényre érzékenyített filmet kell használni az alábbi táblázatban megadott színhőmérsékleti beosztás szerint:

napfény színesfilm 5500 – 5900 °K
műfény színesfilm 3200 – 3400 °K
univerzális film 4200 °K színhőmérsékletű.

Az általunk használt háromrétegű színes filmek igen pontosan hangolt, meglehetősen merev rendszerek. Ezért csak a nekik megfelelő színhőmérsékletű fényből készült felvételeken adnak kifogástalan eredményt. Az univerzális film gyakorlati előnye, hogy csak egyfélét kell vásárolni, de ha előre ismerjük a fotózandó témát, akkor válasszuk meg hozzá a megfelelő filmet. Az univerzális színes filmek hasz-



nálatánál kerüljük a napfény és műfény együttes alkalmazását, mert ilyen esetben a nagyításnál nem lehet a szín-szűrőzéssel sem megnyugtató eredményt elérni.

A felvétel színeinek megválasztása

Szemünk egy fekete-fehér fényképen csak mintegy 40 szürke árnyalat, tónus megkülönböztetésére képes, színes fényképen ez a szám kb. 200-300-ra növekszik. Szemünk eme tulajdonsága ellenére bánjunk módjával a színárnyalatokkal, és képünket lehetőleg nagy színes foltokból komponáljuk. Legszébbek azok a színes képek, amelyek kevesebb színből építjük fel a felvételt. Ez persze nem jelenti azt, hogy csak egy vagy két virágot fényképezzünk és nem fényképezzünk virágos mezt, azt azonban úgy tegyük, hogy a képen megnyugtató, nagy színes felületek is legyenek. Törekedjünk arra, hogy meglássuk azokat a témákat, amelyek színes fényképen harmónikus, jól hatnak. A képszerkesztés szabályait tartsuk be, s lehetőleg kerüljük az olyan képbeállítás, mikor valami elvonja tekintetünket a téma fő részéről. Törekedjünk arra, hogy a képnek egyetlen, zárt egységet adó témája legyen. Minél kevesebb van a képen, s minél egyszerűbb eszközökkel szerkesztünk, a kép annál jobb és kifejezőbb. Színes képnek is fontos szabálya: a világos és sötét tónusok, színek biztosítják a kép egyensúlyát.

Szín-szűrők használata

Színes negatív filmhez szín-szűrőt ne használjunk! A felvételi szűrő használata azért felesleges, mert a színeltolódást a másoláshoz vagy a nagyításhoz használt korrekciós szín-szűrőkkel úgyis kiküszöböljük.

Színes fordítós filmhez (diapozitív) a szín-szűrő használata az esetek nagy százalékában felesleges. Ugyanis néhány óvatossági rendszabályt betartva, szín-szűrők nélkül is kifogástalan felvételeket készíthetünk. A napfény színhőmérsékletét átlagosan 5500 °K-nak vesszük, azonban az alaposabb vizsgálódás jelentős eltérést mutat. Dél előtt 10 óra előtt és délután 3 óra után októbertől februárig fényképezve számít-

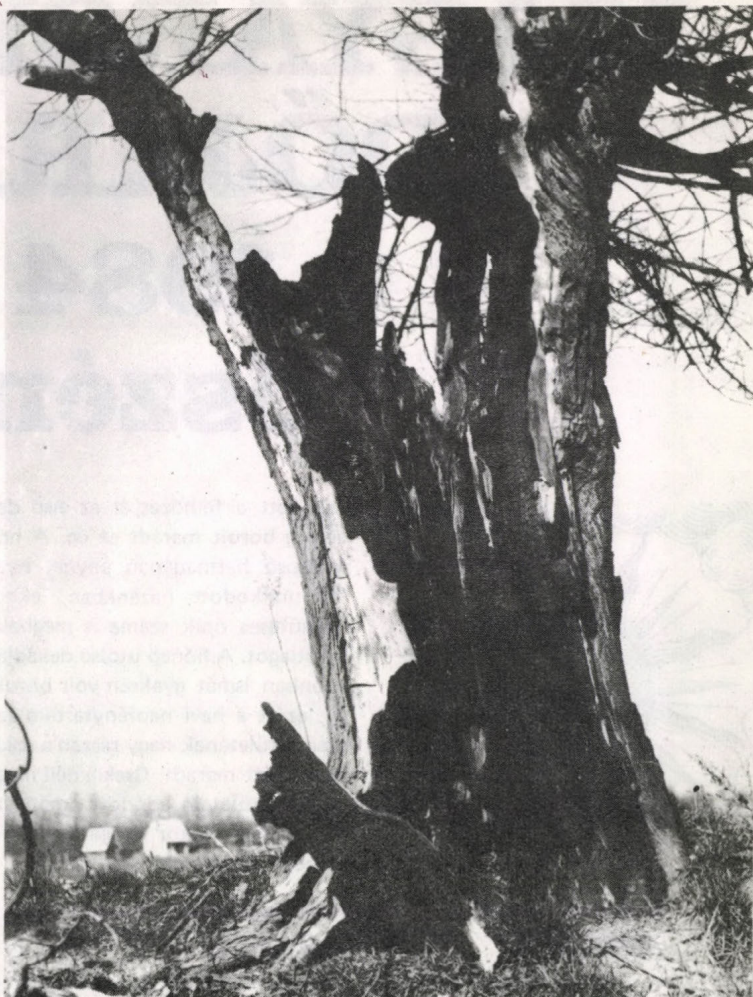
hatunk arra, hogy felvételeink egy kis-sé melegebb tónusúak lesznek, de éppen mert melegebbek a színek, nem mindig hatnak kellemetlenül.

Kékes tónust kapunk, ha a képen a tiszta kék égbolt van túlsúlyban. Pl. a Balatonon, a víz felé fényképezve a kék háttér mellett: az ég, a víz, de még a fehér vitorlás is egyaránt túlteng kékben. Ugyanez a téma felhővel fedett égbolt mellett fényképezve kedvezőbb eredményt ad. Az előző esetben sötétebb, az utóbbi esetben világosabb barnás tónusú színszűrővel kellemesebb diapozitíveket készíthetünk. De vigyázat: a fekete-fehér negatív filmekhez használatos színszűrők színes filmhez való alkalmazása *tilos*!

Polárszűrők, színhőmérséklet módosító szűrők használata bizonyos esetekben kívánatos. A kék égen úszó fehér felhők kidomborítása, plasztikusabbá tétele a fordított színes filmen polarizációs (polár) szűrővel érhető el. Az égbolt kék fénye többé-kevésbé sarkított, a sarkított sík iránya pedig a Nap felé mutat. A polárszűrő megfelelő elforgatásával az égboltról jövő kék fény erőssége csökkenthető. Ezért fordított színes filmmel, polárszűrővel fényképezve az égbolt színe mélyebb, sötétebb, mert nem okoz az égbolt túlexpozíciót. A polárszűrő a többi színről gyakorlatilag semleges hatású. Polárszűrő használata ajánlatos csillogó tárgyak fényképezéséhez is. A polárszűrőt ilyenkor addig kell forgatni, míg a zavaró csillogások egy bizonyos szűrőállásnál megszűnnek. A polárszűrőt ellenfényben ne használjuk, jó eredményre a hátsóoldalsó világítás esetén számíthatunk. A polárszűrő szorzótényezője 2-4, azaz ennyiszerezsen hosszabbítja meg az exponálási időt. Színes felvételekhez a színtelen UV — szűrők jó hatásfokkal működnek, használatuk ajánlott.

A megvilágítási idő meghatározása

Sokszor hangoztatott tény, hogy a színes fényképfelvételekhez a megvilágítási időt pontosabban kell meghatározni. A fekete-fehér fotózás alkalmával a szükséges megvilágítási idő többszörösével is még mindig használható negatívot kapunk, amelyet az 5-féle papírfokozattal és az előhívó oldat cél-szerű megválasztásával még javítha-



A szerző felvételei

tunk. A színes filmek fajtái közül különösen a fordított filmekre nagyon pontosan kell exponálnunk, ugyanis e nyersanyagok megvilágítási terjedelme igen szűk.

A színes negatív filmek esetében ugyan volna mód a javításra a másoláskor vagy nagyításkor, azonban alul-, illetve túlvilágított negatívok színhelyessége mindig kifogásolható. A túlvilágítás ezenkívül életlenséget is okoz. Az említett okok miatt kell a megvilágítási időt pontosan megállapítani.

A színes fényképezés egyik fontos kelléke a napellenző. Használata még abban az esetben is indokolt, ha modern, mélyen a foglalatba épített objektívünk van. Amíg a napellenző a fekete-fehér fényképezés alkalmával az ellenfényben készült felvételeknél kötelező, hogy a képalkotásban részt nem vevő sugarakat, főleg a tükrözés folytán keletkezetteket visszatartsa, addig a színes felvételekhez minden esetben

szükséges a használata.

Röviden talán ezek lennének a legfontosabb általános tudnivalók a színes fotózásról. Természetesen az itt leírtak nem pótolják azokat a gyakorlati tapasztalatokat, amit géppel a kezünkben tudunk megszerezni. Néha bizony bosszankodunk egy-egy elrontott felvétel miatt, de a leírtak megtartása sok kellemetlenségtől kímél meg bennünket. Egy-egy időjárási jelenség színesben történő megörökítése kárpótol mindenért és valóban sikerélményt fog nyújtani.

Jómagam a Pécsi Főállomás észlelője vagyok és fényképezőgép mindig van a kezem ügyében. Ezért aztán ha egy-egy szép és jellegzetes felhőt látok, vagy rendkívüli időjárási jelenséggel találkozom, azt máris megörökítem. Erre szeretnék biztatni másokat is, próbálják meg, sok örömet lelnek benne.

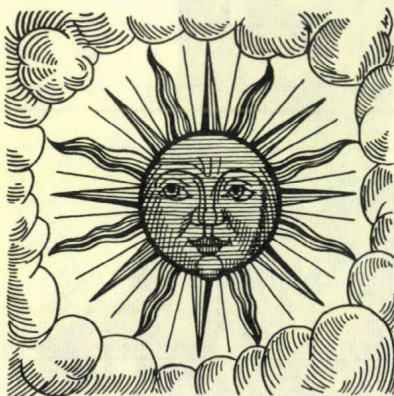
Dragovác Márk

MAGYARORSZÁG

IDŐJÁRÁSA

1984

őszén



NAPSÜTÉS

1984. szeptember

Az őszi első hat napján napos idő volt, általában 8-11 órán át sütött a nap. 6-ától aztán nyugat felől erősen megnö-

vekedett a felhőzet, és az első dekád végéig borult maradt az ég. A hónap középső harmadában enyhe, nyári idő uralkodott hazánkban, ekkor a napsütéses órák száma is meghaladta az átlagot. A hónap utolsó dekádjában azonban ismét gyakran volt borult az ég, ezért a havi napfénytartam az ország területének nagy részén a sokéves átlag alatt maradt. Csak a déli megyék egyes területein adódott pozitív anomália, ugyanakkor nyugaton a 70 órát is meghaladta a napfényhiány.

1984. október

Október első és utolsó dekádja napsütéses óráinak száma elmaradt az átlagtól, a középső viszont gazdag volt napfényben. Mindez a havi napfénytartamban a Dunántúl nagy részén 5-

20 órás többletet, másutt általában 5-20 órás – sőt északkeleten 30-50 órás – hiányt eredményezett. Északkeleten a hónapnak mintegy harmadában egész nap borult maradt az idő.

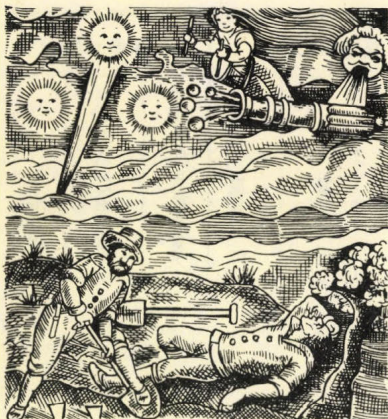
1984. november

November párás, ködös idővel kezdődött. Az éjszaka képződött köd napközben felszállt és több száz méter magasságban vékony felhőtakarót hozott létre, így csak a magasabb hegyekben sütött ki a nap. A későbbiekben a ködös és derült napok váltogatták egymást. A hónap középső harmadában az Alföldön, később inkább a Dunántúlon sütött többet a nap. A havi napfénytartam csak az ország középső vidékein maradt el az átlagtól.

állomás	havi összeg (óra)	eltérés az átlagtól	napok száma	
			derült	borult
Szombathely	130	-73	3	10
Győr	157	-46	4	6
Keszthely	175	-37	3	4
Siófok	170	-42	5	6
Pécs	212	+2	5	4
Budapest	169	-43	4	3
Szolnok	191	-29	6	4
Szeged	196	-29	3	3
Békéscsaba	204	-8	6	6
Debrecen	167	-47	5	9
Nyíregyháza	151	-69	8	10
Miskolc	—	—	7	10

állomás	havi összeg (óra)	eltérés az átlagtól	napok száma	
			derült	borult
Szombathely	139	6	5	6
Győr	135	-4	4	5
Keszthely	156	14	6	5
Siófok	162	16	9	4
Pécs	171	21	7	7
Budapest	140	-9	5	5
Szolnok	150	-5	5	7
Szeged	146	-16	5	6
Békéscsaba	146	-5	3	9
Debrecen	129	-21	0	10
Nyíregyháza	110	-49	2	11
Miskolc	—	—	4	9

állomás	havi összeg (óra)	eltérés az átlagtól	napok száma	
			derült	borult
Szombathely	71	12	2	12
Győr	71	5	2	9
Keszthely	66	-2	1	14
Siófok	48	-20	1	13
Pécs	81	12	3	11
Budapest	68	2	2	10
Szolnok	69	-1	2	14
Szeged	94	17	6	9
Békéscsaba	95	23	6	11
Debrecen	83	15	3	12
Nyíregyháza	72	0	4	12
Miskolc	—	—	4	13



LEVEGŐHŐMÉRSÉKLET

1984. szeptember

Az idei ősz meleg, napos idővel kezdődött. A hőmérséklet napi középértéke legalább 3-6 fokkal magasabb volt a sokévi átlagnál. A hónap első hetében a nappali felmelegedés 26 és 32 fok között alakult, sőt 5-én Tiszakécskén 34 fokot mértek. Ezen idő alatt az éjszakák is enyhék voltak, a hajnali órákban csak 13-15 fokra (sőt egyes helyeken csak 20 fokra) hűlt le a levegő. 8-tól véget ért az őszi kánikula. Szeles, zivataros időjárás következett, az előző napokhoz képest 10-15 fokkal csökkentek a nappali felmelegedések. Ezt a hónap közepe táján újabb melegedés követte, a kevésbé felhős napokon 24-28 fokra is emelkedett a hőmérséklet, de a 30 fokot már sehol sem érte el. A hónap utolsó tíz napját igazi őszi jellemző hűvös idő jellemezte. Napközben sem emelkedett 15 fok fölé a hőmérő higanyszála, éjszaka pedig néhány helyen a talaj mentén 1-2 fokot is mutattak a hőmérők, de fagyok nem voltak.

1984. október

A hónap időjárása változékony és az átlaghoz képest igen enyhe volt. Különösen az első 10 nap bizonyult szokatlánul melegnek. Ekkor a hőmérsékleti középérték eltérése az átlagtól elérte a 2-3 (sőt néhol 4) fokot is. Október első napjaiban a hőmérsékleti csúcsértékek általában 20-25 fok közé estek, de néhány helyen az Alföldön a 28 fokot is elérték. Az éjszakák kezdetben igen enyhék voltak, ugyanakkor a dekád

állomás	havi középérték	eltérés az átlagtól	abszolút maximum nap	abszolút minimum nap	abszolút minimum a talaj mentén nap	dekádközép			napok száma
						1. dekád	2. dekád	3. dekád	

1984. szeptember

												nyári	ködös
Szombathely	14,7	5,2	30,0	3.	3,2	28.	2,8	28.	17,7	14,7	11,6	5	7
Győr	15,5	5,4	30,7	3.	4,4	25.	3,2	25.	18,7	15,6	12,2	6	5
Keszthely	16,1	5,8	30,4	2.	5,2	28.	4,5	28.	17,2	16,4	13,3	6	3
Siófok	16,5	5,9	29,9	3.	7,8	25.	6,9	25.	19,5	16,3	13,8	6	2
Pécs	16,7	5,5	30,2	5.	6,3	28.	4,0	28.	19,3	16,9	13,8	9	4
Budapest	16,4	5,5	30,8	6.	5,5	27.	3,5	27.	19,7	16,5	13,2	9	3
Szolnok	17,1	6,5	31,7	6.	6,8	27.	3,6	27.	19,9	17,1	14,2	9	1
Szeged	17,2	6,1	30,6	5.	6,7	10.	4,6	28.	19,3	17,5	14,8	12	1
Békéscsaba	17,2	6,6	31,8	6.	6,4	10.	4,9	9.	19,1	17,2	14,4	12	—
Debrecen	16,1	5,3	31,4	6.	3,2	14.	2,1	14.	19,0	15,9	13,3	10	7
Nyíregyháza	15,8	6,0	30,7	6.	3,7	14.	1,0	14.	19,3	15,3	12,9	8	6
Miskolc	15,4	6,1	31,0	5.	4,0	14.	2,7	14.	18,4	15,4	12,5	6	8

1984. október

												borult	ködös
Szombathely	11,0	1,5	21,0	20.	-1,6	17.	-3,1	30.	13,4	11,2	8,6	6	8
Győr	11,7	1,6	24,8	5.	-2,2	30.	-4,4	17.	14,4	11,2	9,7	5	8
Keszthely	12,1	1,9	25,1	5.	0,6	17.	-1,0	17.	14,1	10,8	10,4	5	9
Siófok	12,8	2,2	26,5	5.	1,5	17.	0,8	17.	14,8	12,5	11,2	4	2
Pécs	12,5	1,3	26,4	5.	0,8	18.	-0,5	18.	14,3	12,0	11,2	7	2
Budapest	11,9	1,0	25,0	1.	0,5	18.	-2,5	17.	14,5	11,1	10,2	5	5
Szolnok	12,2	1,6	25,7	1.	0,2	18.	-3,0	18.	15,4	10,9	10,5	7	4
Szeged	12,5	1,4	26,9	1.	-0,8	18.	-3,6	18.	15,4	11,2	11,1	6	8
Békéscsaba	12,6	2,0	26,5	5.	-2,1	18.	-3,1	18.	15,2	10,4	11,4	9	4
Debrecen	11,9	1,1	26,0	1.	-1,8	18.	-3,0	18.	14,8	10,3	10,7	10	5
Nyíregyháza	11,8	2,0	23,8	1.	-0,7	18.	-4,3	18.	14,8	10,2	10,7	11	5
Miskolc	11,2	1,9	22,0	1.	-1,2	18.	-3,0	18.	14,3	9,7	9,9	9	14

1984. november

												fagyos	ködös
Szombathely	4,5	0,2	18,8	24.	-5,6	13.	-8,4	13.	5,9	2,2	5,3	10	12
Győr	5,3	0,3	16,8	24.	-8,0	13.	-10,1	13.	6,7	2,2	6,7	7	9
Keszthely	5,4	0,4	20,0	24.	-2,9	29.	-4,4	13.	6,9	3,1	6,2	5	13
Siófok	5,0	-0,2	14,7	24.	-3,2	13.	-4,0	13.	6,1	2,6	6,2	5	14
Pécs	5,2	0,1	18,8	8.	-3,6	14.	-4,5	13.	6,9	1,5	6,8	8	17
Budapest	5,0	0,0	16,6	24.	-6,8	14.	-9,5	14.	6,5	2,5	6,0	8	13
Szolnok	4,8	-0,2	18,0	24.	-8,7	14.	-10,6	14.	6,4	2,5	5,6	8	18
Szeged	5,7	0,2	18,9	7.	-5,1	13.	-6,4	13.	7,3	3,3	6,4	7	13
Békéscsaba	5,1	-0,1	16,7	8.	-8,0	14.	-8,7	14.	6,3	3,4	5,6	8	18
Debrecen	4,9	-0,3	17,0	8.	-7,0	14.	-8,9	14.	6,2	3,2	5,3	10	15
Nyíregyháza	4,2	-0,2	13,6	8.	-8,0	14.	-12,2	14.	4,9	2,5	5,2	8	13
Miskolc	4,0	-0,4	17,4	24.	-9,5	14.	-11,0	14.	5,1	1,7	5,2	9	17

végén néhol már gyenge talajmenti fa-
gyot is észleltek. Az enyhe idő a hó-
nap közepéig tartott. Ekkor egy né-
hány napos igen hideg periódus követ-
kezett, helyenként -4, -6 fokos talaj-
menti fagyokkal, majd újra visszatért a
meleg idő. A havi középhőmérséklet
végül is 1,5-2,5 fokkal magasabb lett a
sokéves átlagnál.

1984. november

November hónap hűvös, ködös idővel
kezdődött. A hőmérsékleti csúcsérté-
kek csak délen érték el a 10 fokot. A
tartósan ködös helyeken nem is emel-
kedett magasabbra később sem, a nap-
sütéses helyeken azonban 20 fok is
előfordult. Ezzel együtt is az első két
dekád középhőmérséklete általában
átlag alatt maradt. A hónap első éjsza-
kái fagymentesek voltak, később azon-
ban -3 fokos fagyok is előfordultak.
Az első kettővel ellentétben a hónap
utolsó dekádja példátlanul melegnek
bizonyult. Az utolsó napok kivételé-
vel a nappali felmelegedés elérte a
15 fokot, sőt 24-én 21 fok is előfor-
dult. Ekkor Budapesten 17,5 fokot
mértek, ezen a napon ilyen meleg még
soha nem volt. E meleg időszaknak
köszönhető, hogy a havi középhőmér-
séklet sok helyen elérte az átlagot.



CSAPADÉK

1984. szeptember

Szeptember hónapban az átlagnál sok-
kal több eső esett. 8-ától kezdődött e
csapadékos időszak. Az első dekádban

állomás	havi összeg mm	eltérés az átlagtól mm	eltérés az átlag %-ában	dekádösszeg			napok száma		
				1. dekád	2. dekád	3. dekád	csapadék > 1mm	csapadék > 5mm	zivataros

1984. szeptember

Szombathely	94	+37	165	26	13	55	11	6	1
Győr	87	+45	207	12	10	65	11	5	—
Keszthely	88	+51	238	31	11	46	8	5	4
Siófok	112	+67	249	27	9	76	10	4	3
Pécs	68	+23	151	16	8	44	8	5	5
Budapest	78	+45	236	3	7	68	8	3	2
Szolnok	72	+38	212	2	2	68	8	4	4
Szeged	48	+7	117	1	3	44	7	3	5
Békéscsaba	63	+24	162	1	27	35	11	6	6
Debrecen	85	+46	218	2	32	51	12	6	5
Nyíregyháza	80	+43	216	2	25	53	10	6	5
Miskolc	95	+56	244	5	3	87	8	5	5

1984. október

Szombathely	31	-24	56	28	—	3	4	3	2
Győr	21	-32	40	15	—	6	5	1	1
Keszthely	37	-21	64	23	1	13	7	4	2
Siófok	50	-11	82	36	—	14	7	5	2
Pécs	75	+13	121	46	3	26	9	6	3
Budapest	46	-9	84	41	0	5	6	4	3
Szolnok	25	-19	57	20	1	4	5	2	2
Szeged	31	-15	67	22	1	8	6	3	1
Békéscsaba	49	+1	102	32	4	13	6	4	1
Debrecen	33	-14	70	22	—	11	6	2	2
Nyíregyháza	26	-24	52	22	1	3	5	2	—
Miskolc	36	-13	73	34	—	2	6	3	1

1984. november

Szombathely	35	-14	71	—	32	3	5	2	—
Győr	61	+7	113	—	55	6	9	3	—
Keszthely	66	+4	106	—	66	—	5	3	1
Siófok	64	-3	95	—	63	1	7	3	—
Pécs	34	-34	50	1	28	5	5	3	—
Budapest	56	-11	84	—	51	5	6	3	—
Szolnok	38	-16	70	—	33	5	6	1	—
Szeged	29	-30	49	—	22	7	9	1	—
Békéscsaba	37	-20	65	—	29	8	6	3	—
Debrecen	46	-5	90	3	23	20	9	2	—
Nyíregyháza	44	-9	83	—	23	21	10	3	—
Miskolc	38	-17	69	—	27	11	7	3	—

a csapadékhozam csak a Dunántúl nyugati részén haladta meg az átlagot, míg a második dekádban a Tiszántúl kapott a szokásosnál több csapadékot. Helyenként igen nagy hozamú záporokat észleltek, pl. Pátyodon egyetlen nap alatt 92 mm eső esett. A legtöbb csapadék a harmadik dekád folyamán hullott. Ekkor többnyire borult volt az idő, sokfelé esett az eső, keleten, északkeleten zivatarok is voltak. 25-én Zircen pl. 72 mm-t mértek. A hónap csapadékelátottsága végül is a következő módon alakult. Átlagnál kevesebb csapadék csak a Duna-Tisza köze déli határterületén adódott. Ugyanakkor a Dunántúl középső és az Alföld északi felén — összességében az ország területének csaknem a felén — a szokásos mennyiségnek 1,5-2,5-szerese hullott.

1984. október

Az előző hónappal ellentétben ekkor általában jóval kevesebb eső esett a szokásosnál. Az első dekádban még bőven volt csapadék, a Dunántúl déli részén és a Tiszántúlon 20-30 mm-rel több esett az átlagnál. Ugyanakkor a második dekád az ország területének nagy részén teljesen csapadékmentes volt, és másutt sem esett 5 mm-nél több. Keveset enyhített a csapadékhányon a hónap utolsó harmadának időjárása is. Bár gyakran esett az eső, a csapadékhozam csak egy-egy kis körzetben érte el a sokéves átlagot, ahol az első dekád folyamán nagyon sok esett. Ugyanakkor az ország területének nagy részén a többéves átlag háromnegyede alatt maradt a csapadékhozam.

1984. november

A hónap közepéig egyáltalán nem hullott csapadék, legfeljebb néhány helyen fordult elő ködszitalás. 15-étől kb. egy hétig országszerte nagy esőzések voltak, ez alatt az idő alatt igen jelentős mennyiségű csapadék hullott. Az utolsó dekádban is majdnem minden nap esett az eső, de csak az északkeleti határterületen érte el a csapadékhozam az átlagot. A havi csapadékhozam egy-egy kisebb helyen elérte az átlagot, mindenütt másutt alatta maradt, de az ország területének kb. a felén az átlagos hozam több mint háromnegyede hullott, másutt az átlag fele, harmada.



LÉGNEDVESSÉG

1984. szeptember

Szeptemberben a levegő relatív nedvességtartalma 70-85 % között mozgott. A Dunántúl nyugati szélén volt a legmagasabb, a déli területeken a legalacsonyabb, de egyébként jelentős területi különbségek nem alakultak ki. A napközben mért értékek 45-75 % között mozogtak. A vízközei helyek-

állomás	átlagos relatív nedvesség %	relatív nedvesség 13 órai átlaga %	átlagos telítési hiány mb	a levegő párologtató képessége		
				dekád		
				összeg mm		
				1. dekád	2. dekád	3. dekád
Szombathely	83	71	35	52	35	20
Győr	79	65	45	55	31	20
Keszthely	80	76	45	55	34	25
Siófok	77	69	48	58	38	26
Pécs	71	52	66	57	45	29
Budapest	72	54	65	58	39	22
Szolnok	73	56	65	61	45	30
Szeged	71	48	71	57	47	36
Békéscsaba	72	53	69	57	45	30
Debrecen	77	62	52	56	40	27
Nyíregyháza	78	63	49	56	37	22
Miskolc	76	61	53	53	37	17

nél (Siófok, Keszthely) ez a különbség nem érte el a 10-et, máshol 15-25 %-kal volt alacsonyabb. A telítési hiány nagy területi változékonyságot mutat, a Dunántúlon 35-50 mbar között, másutt általában 50 és 70 mbar között alakult. A levegő párologtatóképessége az első dekádban a nagy meleg miatt csaknem annyi volt, mint a másik két dekádban együttvéve.

1984. október

Szeptemberről októberre a levegő relatív nedvességtartalma a Dunántúlon egyáltalán nem vagy csak alig növekedett. Másutt jelentősebb növekedés tapasztalható, a legtöbb Nyíregyháza

állomás	átlagos relatív nedvesség %	relatív nedvesség 13 órai átlaga %	átlagos telítési hiány mb	a levegő párologtató képessége		
				dekád		
				összeg mm		
				1. dekád	2. dekád	3. dekád
Szombathely	83	68	26	31	31	24
Győr	80	66	12	34	30	25
Keszthely	82	66	30	36	32	28
Siófok	76	68	37	36	30	30
Pécs	79	64	34	35	33	29
Budapest	79	64	33	35	30	23
Szolnok	81	64	32	35	29	27
Szeged	76	55	42	39	30	35
Békéscsaba	79	60	35	34	24	31
Debrecen	79	64	33	37	27	32
Nyíregyháza	94	67	30	33	27	28
Miskolc	80	66	30	32	27	21

környékén. A napközben mért értékek is magasabbak a szeptemberinél. Az átlagos telítési hiány most jóval alacsonyabb, mint az előző hónapban, az eltérés 20-30 mbar. A levegő páro-

logtatóképessége az első dekádban 30-40 mm közé esett, a másodikban az Alföldön míg, a harmadikban a Dunántúlon nem haladta meg a 30 mm-t.

1984. november

Novemberben csaknem mindenütt magasabb volt a levegő páratartalma az

állomás	átlagos relatív nedvesség %	relatív nedvesség 13 órás átlaga %	átlagos telítési hiány mb	a levegő párologtató képessége		
				dekád		
				összeg mm		
				1. dekád	2. dekád	3. dekád
Szombathely	89	78	11	13	8	12
Győr	88	80	12	12	9	16
Keszthely	90	83	10	12	9	13
Siófok	88	84	11	12	8	13
Pécs	89	83	11	16	8	16
Budapest	87	77	13	10	9	13
Szolnok	89	80	11	13	9	10
Szeged	84	71	16	17	12	15
Békéscsaba	87	74	13	14	12	10
Debrecen	83	72	16	19	14	11
Nyíregyháza	84	76	13	15	14	11
Miskolc	85	78	14	13	13	11

októberinél. Egyedül Nyíregyháza környéke bizonyult szárazabbnak, itt 10 %-kal csökkent a nedvességtartalom az előző hónaphoz képest. Nagy területi különbségek nem alakultak ki. Csökkent a különbség a napközben mért nedvességtartalom és az átlagos nedvességtartalom között. Jelentősen csökkent a telítési hiány: 10 és 16 mbar között alakult, és ugyancsak jelentősen csökkent a levegő párologtatóképessége is.



SZÉL

1984. szeptember

E hónap első két dekádja többnyire derült, meleg időjárású volt, és csak kevés napon szakította meg a csendes időjárást eső, zivatar. A harmadik dekádban már változékonyabbra fordult

állomás	maximális szélleőkés			viharos napok száma
	iránya	sebessége m/s	napja	
Szombathely	NW	17,0	25	3
Győr	S	18,2	5	2
Keszthely	N	21,0	25	1
Siófok	N	29,0	25	9
Pécs	W	21,1	24	4
Budapest	N	15,1	25	1
Szolnok	NE	11,2	24	—
Szeged	S	22,4	25	3
Békéscsaba	W	16,7	24	2
Debrecen	S	17,3	12	4
Nyíregyháza	SW	15,7	24	1
Miskolc	SW	13,5	24	—

az idő, többször fordult elő viharos szél. Azonban a hónapot egészében véve nem tekinthetjük viharosnak. Siófok kivételével mindössze 1-4 alkalommal fordult elő viharos szél. A legerősebb szélleőkést 29 m/s-ot Siófokon észlelték ebben a hónapban.

1984. október

Október hónap eleje változékony időjárású volt, a viharos napok legtöbbje is október első felében fordult elő. A Dunántúlon ebben a hónapban több volt a viharos szél, mint a keleti országrészben. A viharos napok számát

állomás	maximális szélleőkés			viharos napok száma
	iránya	sebessége m/s	napja	
Szombathely	NW	17,6	15	5
Győr	SW	22,1	20	5
Keszthely	SW	15,3	15	1
Siófok	W	23,6	5	9
Pécs	W	21,1	4	7
Budapest	NW	17,2	15	1
Szolnok	W	11,2	15	—
Szeged	S	17,9	2	3
Békéscsaba	SW	18,2	4	4
Debrecen	S	23,1	4	2
Nyíregyháza	SW	15,4	4	1
Miskolc	W	9,6	15	—

tekintve októberben Siófok (9) és Pécs (7) vezet, máshol 1-5 volt a viharos napok száma. A legerősebb szélleőkés 23,6 m/s volt, és mint általában Siófokon fordult elő. Nem sokkal maradnak el a Debrecenben regisztrált lökésértékek, ahol 23,1 m/s-ot mértek.

1984. november

E hónapot általában csendes, derült időjárás jellemezte, ez a viharos napok számában is megmutatkozott. A hónap második fele volt a változékonyabb időjárású, ekkor fordultak elő az erősebb szelek. Pécs kivételével, ahol 6, máshol általában 1-4 között volt a viharos nap. Ebben a hónapban Győrben regisztrálták a legerősebb szélleőkést, 25,2 m/s-ot.

állomás	maximális szélleőkés			viharos napok száma
	iránya	sebessége m/s	napja	
Szombathely	N	17,4	27	1
Győr	NW	25,2	23	4
Keszthely	NW	17,2	27	1
Siófok	SW	22,0	24	3
Pécs	W	20,7	24	6
Budapest	WNW	21,0	24	1
Szolnok	W	11,3	24	—
Szeged	SE	20,8	18	2
Békéscsaba	S	13,9	23	—
Debrecen	N	16,4	27	4
Nyíregyháza	W	17,3	24	3
Miskolc	W	16,1	25	2



TALAJHŐMÉRSÉKLET

1984. szeptember

Igazi kánikulával kezdődött a hónap, az első 7-8 napon a nappali legmagasabb hőmérséklet 30 fok körül alakult, és a hajnali érték is magas volt. A szokatlanul meleg időjárás a talajhőmérséklet alakulásában is éreztette hatását. Az első dekád talajhőmérsékletének átlaga 20-24 fok között volt. Nagyon ritka év az, amikor a talajhőmérséklet szeptember elején ilyen magas értékeket ér el. A második dekádban ennél már alacsonyabb, általában 17-20 fok közötti értékeket mértek, majd a harmadik dekádban erőteljesebben csökkent a hőmérséklet (12-15 fok), ami a hónapvégi szokásosnál hidegebb időjárás miatt következett be.

1984. október

Október hónap talajhőmérsékletére a lassú és nem nagymértékű csökkenés volt jellemző, az első dekád 13-15 fokos hőmérséklete 9-12 fokig süllyedt le a hónap végére.

1984. november

November hónap eleje a szokásosnál hűvösebb időjárású volt, ez a talajhőmérséklet alakulásában is megmutatkozott, a 6-8 fokos átlag talajhőmérséklet erőteljes süllyedést jelentett az október végihez képest. November közepső dekádja is hideg volt, a talajhőmérséklet további erős csökkenését eredményezte, 2-4 fokra hűlt le a talaj. Az utolsó dekád azonban sokkal melegebb volt az átlagosnál. A dekád elejétől elkezdődött fokozatos felmelegedés — mely végül is novemberi rekord melegbe torkollott — a talajhőmérséklet melegedését eredményezte a korábbi periódushoz képest, így törtenhetett, hogy a dekádátlag 4-6 fok között alakult.

állomás	átlagértékek 5 cm mélységben			átlagértékek 10 cm mélységben		
	1. dekád	2. dekád	3. dekád	1. dekád	2. dekád	3. dekád

1984. szeptember

Szombathely	19,4	15,4	12,1	19,5	15,3	11,1
Győr	21,3	17,0	13,0	21,2	16,8	13,1
Keszthely	20,9	17,6	14,1	21,1	17,4	14,1
Siófok	20,4	16,7	14,0	20,6	16,6	14,0
Pécs	21,7	18,6	14,7	21,0	19,0	15,2
Budapest	22,9	16,6	14,5	22,4	18,6	14,7
Szolnok	24,0	20,1	15,6	23,4	19,6	15,6
Szeged	22,6	19,6	15,3	23,0	20,1	16,1
Békéscsaba	23,2	18,9	15,0	22,7	19,2	15,7
Debrecen	21,9	17,3	14,2	21,7	17,1	14,1
Nyíregyháza	22,7	17,2	14,4	21,6	17,3	14,4
Miskolc	20,0	16,7	13,8	19,7	16,8	14,2

1984. október

Szombathely	12,9	11,0	9,0	12,9	10,9	9,9
Győr	13,5	11,0	10,3	13,5	11,0	10,3
Keszthely	14,5	12,2	10,9	13,2	12,0	10,8
Siófok	14,0	11,0	9,6	14,1	11,2	10,7
Pécs	13,5	12,1	11,7	15,0	12,5	11,9
Budapest	15,0	11,2	10,3	14,2	11,9	10,8
Szolnok	16,0	11,5	11,6	16,1	11,9	11,8
Szeged	15,3	11,0	11,8	16,0	11,9	12,1
Békéscsaba	14,9	10,5	11,6	15,5	11,4	12,2
Debrecen	15,0	10,6	11,2	14,9	10,6	11,1
Nyíregyháza	15,4	11,7	11,6	13,7	12,0	10,6
Miskolc	14,5	10,6	10,1	14,5	11,1	10,5

1984. november

Szombathely	6,0	2,8	3,7	5,9	3,0	4,3
Győr	6,5	2,6	5,2	6,5	2,9	5,2
Keszthely	7,4	3,8	5,7	7,3	3,8	5,5
Siófok	6,8	2,8	4,8	6,8	3,2	4,8
Pécs	7,8	3,3	5,9	8,0	3,8	5,9
Budapest	7,0	3,1	4,9	7,6	3,9	5,3
Szolnok	7,3	3,4	5,6	7,7	3,9	5,9
Szeged	7,7	3,8	5,6	8,2	4,4	6,0
Békéscsaba	7,4	4,0	5,4	9,0	4,6	5,8
Debrecen	6,8	3,1	5,0	7,4	3,2	4,8
Nyíregyháza	7,5	3,3	5,4	7,7	3,8	5,3
Miskolc	6,7	2,5	4,8	7,2	3,1	5,3



TALAJNEDVESSÉG

1984. szeptember

A nyár utolsó hónapja, augusztus kedvezően csapadékos volt, de a csapadék legnagyobb része a hó első felében hullott le, a hónap második fele száraz volt. A hó első felében lehullott csapadék növelte a talaj vízkészletét, enyhítve annak kedvezőtlen telítettségét, azonban a hónap második felének száraz időjárása következtében a növekmény elpárolgott a talajból, így szeptember elejére mind a felső 0-50, mind az 50-100 cm-es rétegben általában 25-35 % között volt a talaj nedvességtartalma. E hónap további részében ez az állapot nem változott a harmadik dekádig. Az utolsó dekádban lehullott bőséges esőzés már kedvezőbb állapotot teremtett a felső talajrétegben.

1984. október

Október elején még folytatódott a csapadékos időjárás, ennek következtében az első dekádban megmaradt a kedvező 55-75 %-os nedvességtartalom. A hónap második és harmadik dekádjában már kevés eső esett, azonban az őszi jellemző csökkenő felmelegedés miatt a párolgás is csökkent, így a talaj száradása kisebb mértékű volt, a hó végére a telítettség 50-60 %-os volt.

1984. november

A november közepén lehullott csapadék stabilizálta a korábban kialakult

állomás	telítettség a szántóföldi hasznos vízkapacitás %-ában							
	0 - 50 cm réteg				50 - 100 cm réteg			
	1-én	11-én	21-én	utolsó napon	1-én	11-én	21-én	utolsó napon

1984. szeptember

Szombathely	31	43	38	66	31	27	28	42
Győr	29	31	33	71	26	24	24	49
Keszthely	35	45	40	57	39	34	33	36
Siófok	28	38	35	70	28	26	26	36
Pécs	27	33	32	53	29	27	26	27
Budapest	23	22	25	68	21	19	19	39
Szolnok	30	26	25	53	24	23	22	24
Szeged	35	28	27	42	27	26	24	25
Békéscsaba	27	23	37	48	24	22	21	23
Debrecen	34	27	49	64	26	24	23	42
Nyíregyháza	29	25	44	69	27	24	23	43
Miskolc	39	33	31	73	34	32	30	35

1984. október

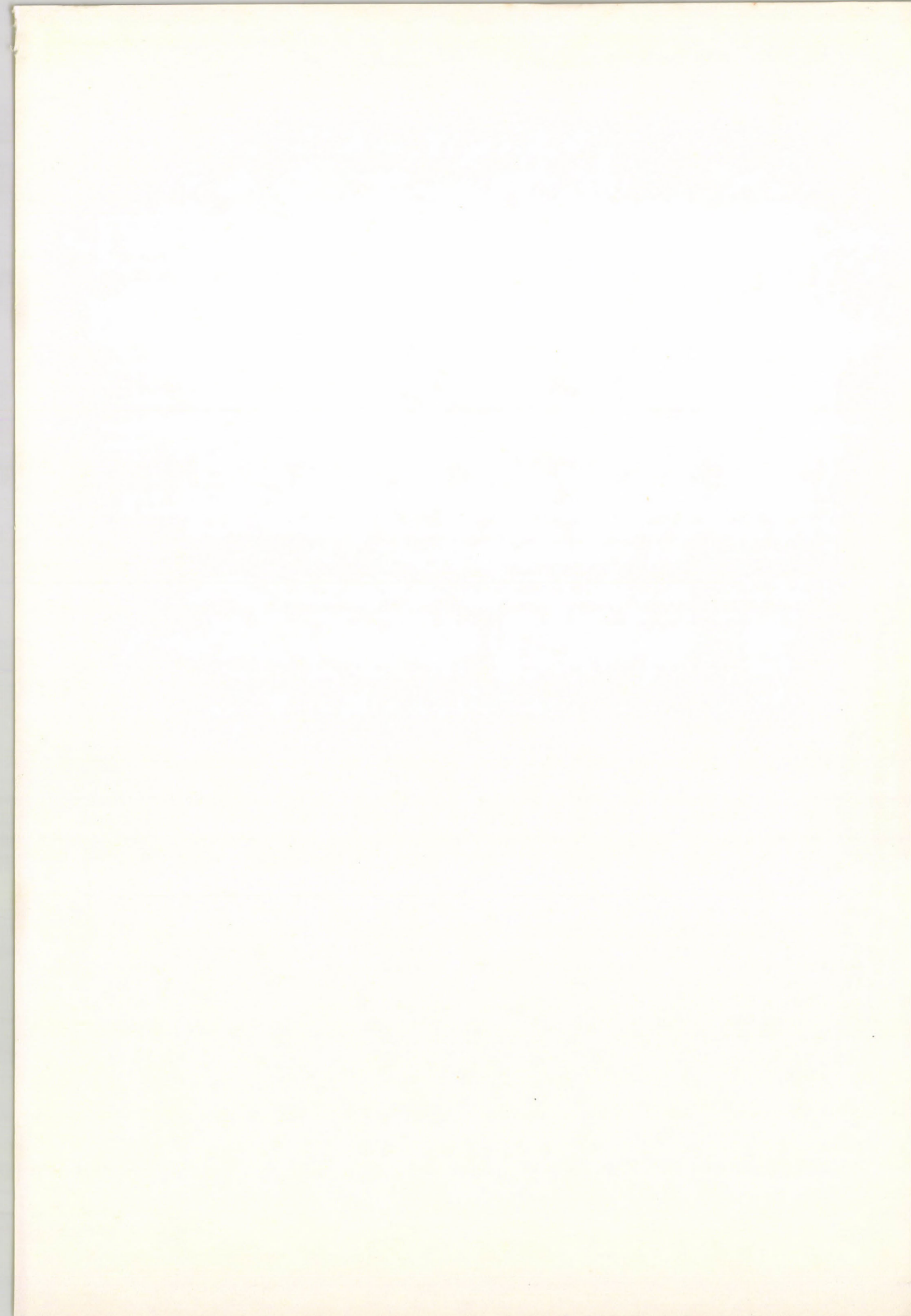
Szombathely	66	63	43	41	42	57	62	61
Győr	71	59	44	43	49	58	60	60
Keszthely	57	52	39	44	36	48	53	55
Siófok	70	71	51	50	36	48	56	59
Pécs	53	69	47	49	27	38	46	52
Budapest	68	78	52	48	39	56	65	65
Szolnok	53	48	40	37	24	33	40	46
Szeged	42	42	34	36	25	36	43	47
Békéscsaba	48	56	43	45	23	37	48	52
Debrecen	64	53	41	44	42	57	59	58
Nyíregyháza	69	60	45	42	43	58	63	61
Miskolc	73	75	59	51	35	43	49	55

1984. november

Szombathely	41	40	70	64	61	62	66	70
Győr	43	42	85	77	60	61	67	73
Keszthely	44	42	90	80	55	58	65	72
Siófok	50	46	91	82	59	62	68	74
Pécs	49	43	68	62	52	55	59	62
Budapest	48	46	97	89	65	67	74	80
Szolnok	37	36	57	56	46	50	53	56
Szeged	36	34	48	48	47	50	54	57
Békéscsaba	45	41	65	65	52	56	59	63
Debrecen	44	40	64	73	58	60	62	68
Nyíregyháza	42	41	65	80	61	62	64	73
Miskolc	51	47	60	62	55	59	61	63

kedvezőbb talajnedvesség állapotot, az utolsó dekádban a felső talajrétegben általában 60-80 % között alakult a nedvességtartalom. Az alsó rétegekben

is megkezdődött a vízkészlet növekedése, így az 50-100 cm-es rétegben a hó végére 55-75 %-os telítettséggel számolhattunk.

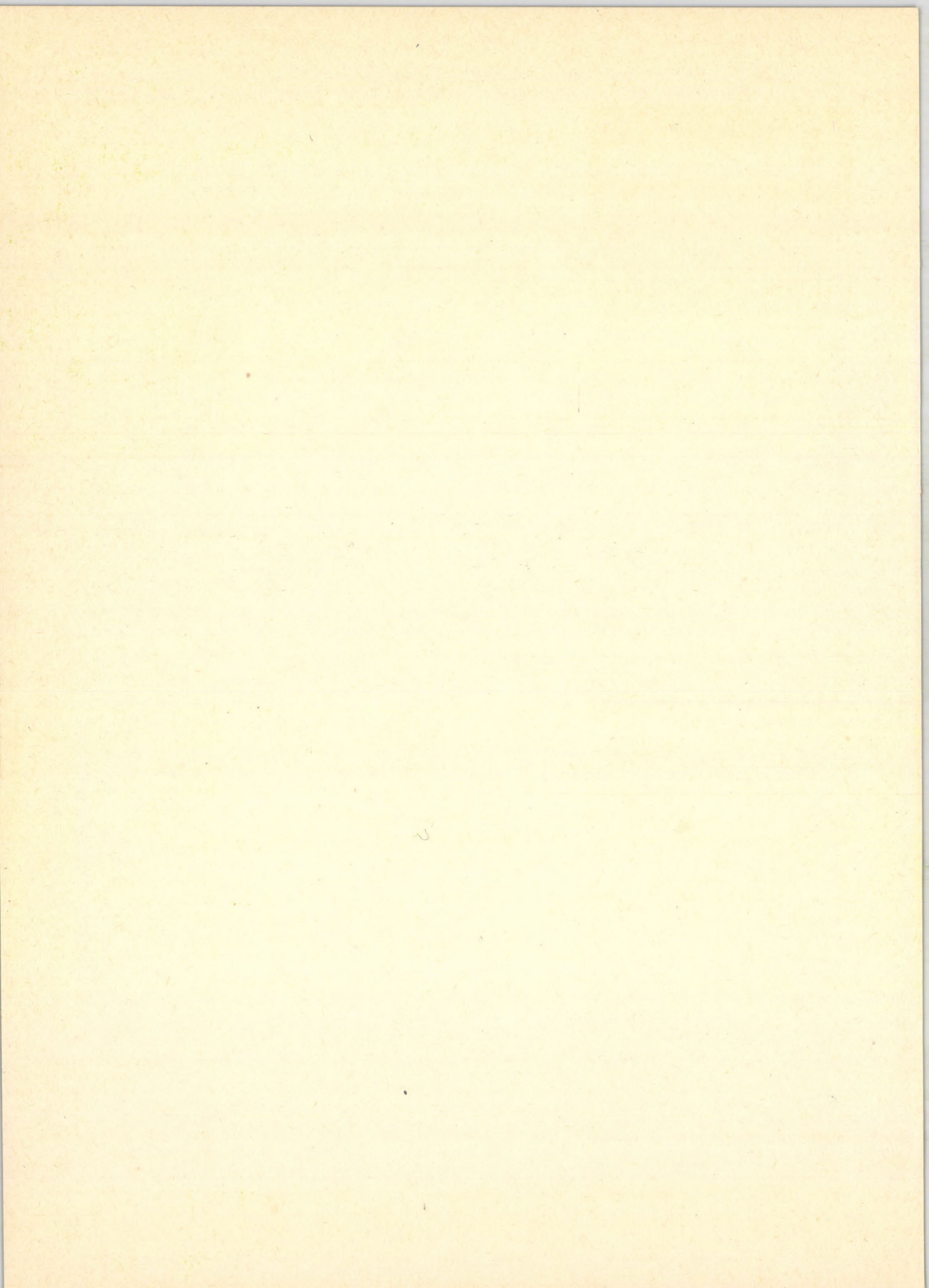


LÉGKÖR

XXX. évfolyam

1985. 2. szám





Hibaigazítás: A XXX. évfolyam 1985. 1. számában a 14. oldalon a 4. ábra fölött kimaradt 6 sor a következő:

re és e problémák lehetséges megoldására, elsősorban a közeljövőben várható technikai fejlesztések (radar, mű-

hold) minél hatékonyabb alkalmazásával.

A továbbiakban a hidrometeorológiai

Az 1985. 1. számában a 35. oldalon az 1984. szeptember hónapra vonatkozó táblázatban az „eltérés az átlagtól” feliratú rovat adatai hibásak. Kérjük, ragassza be a mellékelt fedvényt.

-0,5
-0,7
-0,7
-0,2
-0,5
-0,4
-0,3
0,0
+0,6
-0,7
-0,2
-0,3

0
1
2
3
4
5
6
7
8
9

10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200

LÉGGÖR

Megjelenik negyedévenként

XXIX. évfolyam
1985. 2. szám

Felelős szerkesztő:
Dr. Ambrózy Pál
a szerkesztő bizottság
elnöke

Operatív szerkesztők:
Dr. Csomor Mihály
Dr. Szabó Emilné

Szerkesztő bizottság:
Bóna Márta
Bozó Pál
Dunay Sándor
Haszpra László
Dr. Kozma Ferencné
Mezősi Miklós
Dr. Rákóczi Ferencné
Schirokné Kriston Ilona

Technikai szerkesztő:
Máthé Gyuláné

Grafika és tipográfia:
Kádiné Honyák Ágnes
Szekrényi Anikó

ISSN 0133-3666

A kiadásért felel:
Barát József, az OMSZ elnöke

Készült:
Az
Országos Meteorológiai Szolgálat
Házinyomdájában
1500 példányban
Évi előfizetési díja: 144,- Ft
Megrendelhető:
Az OMSZ Pénzügyi Osztályán
Msz: 85.496

AZ
ORSZÁGOS
METEOROLÓGIAI
SZOLGÁLAT
SZAKMAI
TÁJÉKOZTATÓJA

TARTALOM

A címlapon:

„SZÁRADÓ VÍZGYŰRŰK”

Fotó: Végh Elek

Dr. Götz Gusztáv: Évtizedünk érdeklődésének homlokterében: az ÉGHAJLAT (első rész)	2
Dr. Antal Emánuel: Meteorológia és a társadalom létbiztonsága	9
Dr. Dávid Aranka: A növényállomány hatása a talaj felmelegedésére és lehűlésére	14
Gulyás Ottó: Matematikusok a meteorológiában	17
Olvastuk ...	19
Sipos Győző: A műholdas távérzékelés és alkalmazása növénykultúrák vizsgálatára	20
Makra László — Kiss Árpád — Abonyiné Palotás Jolán: Az aszály a Dél- Alföldön és a főbb mezőgazdasági kultúrák terméseredményei	25
Kislexikon	29
Puskás Márta: Rapszódikus évszakok	30
40 év képekben 1945-1985.	32
Magyarország időjárása 1984-1985. telén	34

Évtizedünk érdeklődésének homlokterében: az ÉGHAJLAT

A meteorológia tudományának elmúlt negyedszázados történetére visszatekintve az egyik legjobban szembetűnő fejlődés az elméleti alapok mélységét és a nemzetközi koordináció fokát illetően egyaránt az *éghajlat* területén következett be. Azt követően, hogy Edmund Halley angol csillagász 1686-ban megjelentette Európa első klimatológiai térképét, az éghajlat problémájának kezelését igen hosszú időn át a leíró és összehasonlító módszer uralta, olyannyira, hogy a téma műveléséhez nem is kellett valakinek okvetlenül meteorológusnak vallania magát; a tudományág hovatarozását illetően ma is találkozhatunk azzal a nézettel, hogy az éghajlat elemzése inkább a geográfia részét képezi. A dinamikus meteorológia, amely a légkör *tranzien* viselkedésének (tehát az *időjárási folyamatoknak*) a fizikai-matematikai leírásán keresztül ragyogóan alkalmazható eredményeket szolgáltatott a szinoptikus meteorológia számára, a légkör *átlagos viselkedésének* (tehát az *éghajlati folyamatoknak*) a szférájában valamilyen okból nem nyújtott közvetlenül hasznosítható elméleti megállapításokat. Valószínűleg az éghajlat kellően precíz értelmezésének, az elvárásoknak és a számítástechnikai lehetőségeknek az együttes hiánya játszotta a fő szerepet abban, hogy a légkör elméleti kérdéseivel foglalkozó szakemberek illetékességi körükön kívül esőnek tekintették a klíma kialakulásához és változékonyságához kapcsolódó problémákat.

Ez a kép harminc esztendővel ezelőtt, a numerikus integrációs módszerek tökéletesedésével és az elektronikus számítógép térhódításával kezdett gyökeresen átalakulni. Abban az időben az időjárás numerikus előrejelzése már nem számított kuriózumnak, s akkoriban születte meg egy figyelemreméltó állítás, miszerint az *éghajlat*

meghatározása az időjárás előrejelzésének az a speciális esete, amikor „végtelen időtávra szóló prognózist” kell készíteni. Ezt a gondolatot Neumann János fogalmazta meg, felismerve, hogy egy ilyen jellegű prognózis a légköri cirkulációknak pontosan azokat a jellemvonásait tárná elénk, amelyek gyakorlatilag függetlenek a kezdeti feltételektől, és amelyek átlagosan mindig jelen vannak. A felvetett probléma tehát lényegében az általános légkörzés numerikus modellezésének a szükségességét jelentette, s hogy ez a probléma valójában miként kezelhető, annak megvitatására Neumann 1955 őszén szűkkörű értekezletet hívott össze a princetoni (New Jersey, U.S.A.) *Institute for Advanced Study*-ban. A háromnapos ülésszakon a világ harminc élenjáró elméleti szakembere vett részt, többségükben ugyanazok a személyek, akik kilenc évvel korábban ugyanezen falak között a rövidtávú numerikus prognosztika gyakorlatának első építőköveit lefektették. A konferencia anyaga később a *Dynamics of Climate* címet viselő könyvként jelent meg, s tulajdonképpen ettől az időponttól kezdve mondhatjuk azt, hogy a légkör permanens viselkedésének az elméleti magyarázata szintén szerves részévé kezdett válni a dinamikus meteorológiának. Negyven esztendővel ezelőtt Hans Koschmieder még megírhatta híres német nyelvű *Dynamische Meteorologie* c. tankönyvét — amelyen az ötvenes évek fiatal magyar meteorológusai is nevelkedtek — anélkül, hogy az általános légkörzés sajátosságainak akár egyetlen oldalt szentelt volna. Ma (és már jó ideje) ez éppen annyira megbocsáthatatlan lenne, mint ahogy nemsokára aligha számít majd korszerű munkának az olyan elméleti áttekintés, amelyben az éghajlat dinamikája nem kap önálló fejezetet.

Külső elvárások hiányában a klíma-

tológia valószínűleg soha nem élte volna át a fejlődés tapasztalt ütemét. Elvárásokban pedig jó tíz esztendeje igazán nincs hiány. Népeszsáporulat, élelmezési problémák, energiaválság, természeti katasztrófák, környezetszennyezés, a földfelszín arculatának könyörtelen átfarmálása (öserdők irtása, elsivatagosodáshoz vezető túllelgetetés) — ezekben a címszavakban lehet összefoglalni azokat a gondolatokat, amelyek a nemzetközi összefogás szintjére emelték az emberi környezet fokozottabb óvását és erőforrásainak okosabb hasznosítását sürgető tevékenységet. Az 1972 nyarán Stockholmban megrendezett környezetvédelmi ENSZ-konferencia volt az első magasszintű tanácskozás, amely ezeket a problémákat átfogóan mérlegelte. Ajánlásai nyomán kezdődött el a klímaelmélet nemzetközileg koordinált műveléséhez szükséges keretek megteremtése; ennek fontosabb állomásait jelentette

- a Globális Légkörkutató Program irányítóinak 1974-ben Budapesten tartott értekezlete, amely egy *klímadinamikai alprogram* megvalósítását iktatta be az addig szinte kizárólag a légkör tranzien viselkedésére összpontosító tevékenységbe;
- 1979 februárjában a genfi *Éghajlati Világkonferencia*, amely a társadalom és a természeti környezet harmóniájának megteremtésére felszólító deklarációval fordult a világ népeihez;
- az *Éghajlati Világprogram* létrehozása, amit a Meteorológiai Világszervezet VIII. Kongresszusa a Világkonferencia ajánlására néhány hónappal később határozott el, és amelynek keretében az 1980-as évek folyamán az adatgyűjtés, valamint az alap- és alkalmazott klímakutatás impozáns tervét kívánják megvalósítani.

Kutatási szinten két alapvető problé-

ma vár megoldásra: a természetes éghajlati változékonyság előrejelezhetőségének a kérdése a havi, éves és évtizedes időskálán, valamint az éghajlat lehetséges antropogén módosulásának a kérdése évtizedes és évszázadnyi távlatokban (1. ábra). Könnyű elképzel-

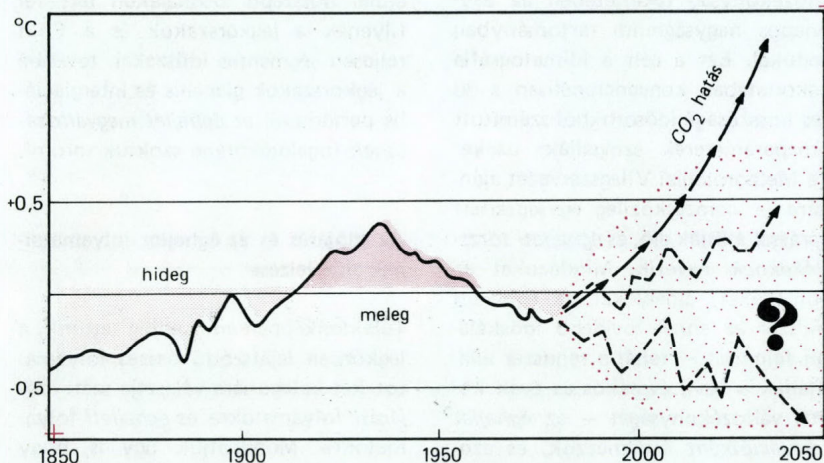
heti magát az egész földtekét is. Az egyensúly nem „valódi” egyensúlyt jelent, azaz nem az állandóság és nyugalom állapotát, hanem statisztikai egyensúlyt: az éghajlati rendszerben meg kell engednünk azoknak az állapotváltozásoknak a fellépését, ame-

vülről” vezérlő paraméterek együttese-ként) definiálunk, az legyen lényegében független az éghajlati rendszer állapotától (tehát a „belső” paraméterek értékészletétől). Más szavakkal, elvárjuk, hogy a külső és a belső rendszer között vagy egyáltalában ne alakulhasson ki visszacsatolási folyamat, vagy ha ez a megszorítás szigorúan nem teljesül, akkor a kölcsönhatás nagyon lassú folyamat legyen.

A légkörnek a definícióban szereplő állapotát a $\Psi_1, \Psi_2, \dots, \Psi_n$ statikai és kinematikai állapotváltozók értékeinek a megadásával jellemezzük, és az a körülmény, miszerint ez az állapot *stacionárius*, azt jelenti, hogy változatlan külső kényszerek esetén az állapotváltozók értékei a t időben (statisztikai értelemben) állandóak maradnak.

Végül maga az *éghajlat*, amelynek a definiálásáról szó van, fizikai realitását tekintve elvont, ember alkotta fogalom: egy adott időpillanathoz tartozó „létezéséről” nem beszélhetünk. Ami a múlt időben valóban realizálódik, az a légköri állapotok kronológiai egymásutánja (tehát az időjárás), ami felé pedig most az érdeklődésünk irányul, az valójában azon az elegendően hosszú τ időintervallumon belül előforduló légköri állapotoknak az összessége, amely intervallumon belül a belső rendszer egyensúlyi állapotát keressük. Ebben a megvilágításban tehát az *éghajlat* a *belső rendszer individuális állapotainak a lassan változó külső kényszerekkel statisztikai egyensúlyban álló sokasága*. A belső sokaságot az éghajlati rendszer állapotainak miriádja alkotja; minden egyes állapot a külső kényszerek hatására és a belső rendszer fizikai törvényszerűségeinek engedelmeskedve realizálódik.

A gyakorlati munka során a belső sokaságot legtöbbször az Ψ_i ($i = 1, 2, \dots, n$) állapotváltozók idősorainak az előállítással jelenítjük meg. Az idősorok elemeit a $\vec{\Psi}$ valószínűségi vektorváltozó $\vec{\Psi}^{(0)}, \vec{\Psi}^{(1)}, \vec{\Psi}^{(2)}, \dots, \vec{\Psi}^{(t)}$ ($t \rightarrow \pm\tau$) sorozatának tekintjük, és a feladatot a Ψ változó eloszlásfüggvényének a meghatározása jelenti. Az eloszlásfüggvény ismeretében a Ψ_i állapotváltozók valószínűségeloszlásának jellemző adatai — a várható érték, a szórás és a magasabb momentumok — kiszámíthatók; e paraméterek együttese szolgál a légkör keresett statisztikai egyensúlyi állapotának, azaz az éghajlatnak a jel-



1. ábra:
Az évi átlagos globális hőmérséklet változásai 1980. óta és a légköri CO_2 növekedéséből eredő felmelegedés várható trendje.

ni, hogy ha ebben a két problémakörben a meteorológus hasznos valószínűségi becsléseket tudna szolgáltatni, akkor az milyen előnyökkel járna a nemzetek rövid- és hosszútávú gazdasági tervezése, az emberiség jóléte és jövőbeni biztonsága szempontjából.

Az igény létezik, s hogy a légkör kutatói ezt a kihívást komolyan veszik, annak egyik szemléletes bizonyítékát jelenti a közelmúltban megjelent klímamonomográfiák sokasága, új éghajlati folyóiratok indítása és néhány tekintélyes szaklap profiljának deklarált módosítása a klímakutatás irányába. Új fogalmak, új értelmezések születtek és születnek; új tények kerülnek napvilágra, s velük természetszerűen sokasodnak a megoldásra váró kérdések is. Mindebből e helyen csak szemelvények közreadására vállalkozhatunk.

Az éghajlat fogalmáról

Az elméleti meteorológia értelmezése szerint *egy adott földrajzi hely éghajlata a légkörnek az a stacionárius állapota, amely egyensúlyban áll a külső kényszerekkel*. Ebben a definícióban a *földrajzi hely* a Föld egy tetszőleges pontját, körzetét vagy régióját jelenti, de a globális klímáról beszélve jelent-

lyeknek a karakterisztikus életciklusa rövidebb az éghajlati időskála alsó határánál (azaz kb. egy hónapnál). Itt azokról a tranziens jellegű légköri folyamatokról van szó, amelyeket a szinoptikus meteorológiában baroklin perturbációknak nevezünk, a köznap nyelvben pedig időjárásként értelmezzük, és amelyek a rendszert energetikailag fenntartják: gondoskodnak az impulzusmomentum, a hő és a vízgőz vertikális és meridionális irányú transzportjáról. Nélkülük a Föld bizonyos körzeteiben a légkör állapota progresszív változást mutatna (például a poláris tartományok folyamatosan hűlnének, a mérsékelt szélességek nyugati szélzónáját a földforgás lefékezné) — röviden szólva, egy valódi egyensúlyban levő rendszer nem lenne képes fennmaradni.

A *külső kényszer* fogalma szorosan összefügg az éghajlati rendszer értelmezésével. Az éghajlati rendszert maga a légkör alkotja, továbbá azok (de csak azok) a vele érintkezésben álló földi szférák (a hidroszféra, a krioszféra, a felszíni litoszféra és a bioszféra), amelyek állapotukat a vizsgált időskálán a légkör állapotával közvetlen kölcsönhatásban változtatják. Alapvető kikötés, hogy amit külső kényszerként (azaz az éghajlatot „kí-

lemzésére, és ezért ezeket *klimaparamétereknek* vagy *éghajlati jellemzőknek* nevezzük. Ily módon különböző $\pm \tau$ időintervallumokat választva, a $t_0 \geq t \rightarrow -\tau$ tartományból származó idősorok birtokában a múltbeli éghajlatok írhatók le, a $t_0 \leq t \rightarrow +\tau$ idősorok kiszámításával pedig (elméletileg) a jövő éghajlata prognosztizálható.

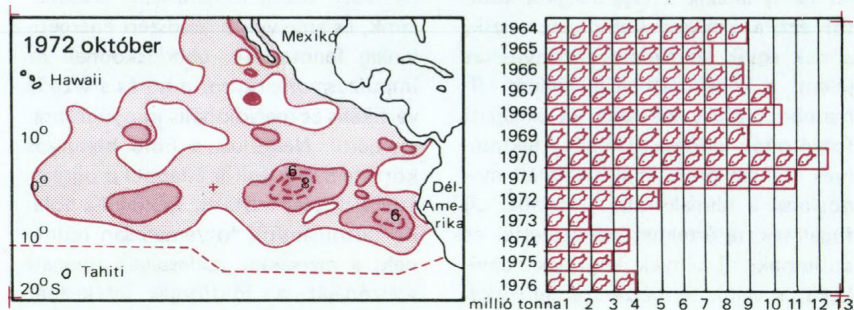
Az éghajlati időskála

Az elméleti klimatológiának az éghajlat egzakt értelmezésével szorosan összefüggő problémája az, hogy milyen τ intervallumú idősorokat tekintsünk „elegendően hosszúnak” az éghajlati jellegű vizsgálatokban, továbbá, hogy hol jelöljük ki az „éghajlati” jelzővel ellátható $T \geq \tau$ időskála alsó határát? Nyilvánvaló, hogy ha a T időintervallum túlságosan rövid, akkor nem beszélhetünk a belső rendszernek a külső kényszerekkel egyensúlyba került állapotáról: a túl rövid τ -ból származó minták alapján jellemzett „éghajlat” – változékonyságát tekintve – aligha különböztethető meg azoktól az állapotváltozásoktól, amelyeket időjárásnak nevezünk. Ha viszont $\tau \rightarrow \infty$, akkor értelmetlenné válik minden éghajlatváltozással kapcsolatos kérdésfelvetés, arról a gyakorlati vetületéről a kérdésnek nem is beszélve, hogy ilyen hosszú idősorokkal nem rendelkezünk. A modern klimatológiában elfogadottá vált az éghajlati időskála alsó határát a $T = 30$ nap környezetében kijelölni. E választás indokai közt megemlíthető, hogy

- *statisztikai* vonatkozásban a 30 napra átlagolt állapotjelzők szórása karakterisztikusan kisebb az időjárási fluktuációira jellemző szórásnál;
- *fizikailag* az egyhónapos időszak egy nagyságrenddel hosszabb az időjárási térképeken megjelenő szinoptikai rendszerek (baroklin perturbációk) tipikus életciklusánál, közel áll a troposzféra termikus és kinetikai igazodási idejéhez, valamint az általános cirkulációs indexeklushoz;
- *gyakorlatilag* pedig jól alkalmazkodik a naptári rendszerünkhöz.

Ez a gondolat sor természetesen nem kívánja azt a benyomást kelteni, mint ha az éghajlati rendszer állapotváltozóinak az egy hónapra, egy évszakra vagy akár egy évre történő átlagolása

reprezentálná azt az „éghajlatot”, amire a gyakorlatban a legtöbbször kíváncsiak vagyunk. Egy adott földrajzi hely éghajlatának a leírásával annál lényegesen permanensebb tulajdonságokat szeretnénk feltárni, mint amit az éghajlati rendszer az időbeli változékonyság tekintetében az egyhónapos nagyságrendi tartományban produkál. Ezt a célt a klimatográfia gyakorlatában konvencionálisan a 30 éves hosszúságú idősorokból számított klímáparaméterek szolgálják; ezeket – a Meteorológiai Világszervezet ajánlására – nemzetközileg egységesített eljárással állítják elő, és *éghajlati törzsértékeknek* nevezik. Mindazokat az anomáliákat, amelyeket az éghajlati rendszer az ennél rövidebb időskálákon felmutat – tehát a rendszer állapotának a havi, évszakai és évek közötti változékonyságát – az *éghajlat fluktuációiként* értelmezzük, és azokat az éghajlati törzsértékekhez viszonyítva jellemezzük. A klíma fluktuációjának tipikus megnyilvánulásai például az indiai nyári monszun csapadékhozamában jelentkező szélsőségek, Afrika Szahel-övezetének aszályos időszakai, vagy a perui partvidék ún. El Niño-évei (2. ábra), és természetesen éghajlati fluktuáció volt a hazánk megzögazdaságát az 1983-as esztendőben sújtó aszály is.



2. ábra: A havi átlagos tengerfelszín hőmérséklet pozitív anomáliái az egyenlítői Csendes-óceánon (Fahrenheit fokokban) és a perui halászok szardella fogásai. Figyelemreméltó az El Niño okozta erős visszaesés 1972–1973-ban.

Tények igazolják, hogy az éghajlat változékonysága a hosszabb időskálák tartományában is fellelhető: az egymást követő harminc éves időszakokból számított éghajlati törzsértékek eltérnek egymástól, de különbözik az egymást követő évszázadok és évezredek éghajlata is. Ezekben az esetekben az *éghajlat ingadozásáról* beszélünk; ennek jellemző példáiként az északi hemiszférának az 1880-as években elkezdődött melegedési trendjét,

majd az 1940 körül megindult hűlési trendjét, az 1550 és 1850 közötti „kis jégkorszakot” vagy az i.e. 6000 és 3000 közötti „klímáoptimumot” említhetjük. Végül azokat az igazán markáns átalakulásokat, amelyeket a paleoklimatológia a 10000 éves és annál hosszabb időskálákon tárt fel (ilyenek a jégkorszakok és a Föld teljesen jégmentes időszakai, továbbá a jégkorszakok glaciális és interglaciális periódusai) az *éghajlat megváltozásának* fogalomkörébe szoktuk sorolni.

Az időjárás és az éghajlat folyamatainak előrejelzése

Tulajdonképpen amit eddig tettünk, a légkörben lejátszódó összes folyamatot két kategóriára választja szét: *időjárási* folyamatokra és *éghajlati* folyamatokra. Mondhatjuk úgy is, hogy mindazok az állapotváltozások, amelyek a légkörben óráról órára, napról napra, hétről hétre lejátszódnak, az *időjárás változékonyságát* jelentik, míg a hónapról hónapra, évszakra, évről évre és a még hosszabb időskálákon tapasztalható különbözőségek az *éghajlat változékonyságának* a fogalomkörébe tartoznak. Noha a két kategória elválasztására szolgáló 30 nap kijelölését – mint láttuk – jól

tudjuk indokolni, joggal vetődhet fel bárkiben a kérdés: egyáltalában miért kell a meteorológiát két ilyen szakterületre – „időjárásra” (szinoptikus meteorológiára) és éghajlatra – felbontani? A válasz a légkörnek a fizikai természetéből fakad, abból, hogy a légkör labilisán viselkedhet a kis perturbációkkal szemben. Ezért hasonlítja Paul Raethjen német meteorológus a légkört a keresztútnál bizonytalankodó Herkuleshez, akinek

a döntését, hogy merre menjen tovább, talán egy egészen apró mozzanat határozza meg. A légkörben apró hatások („triggerek”) is elegendőek lehetnek ahhoz, hogy a stabilis állapotot instabilisba billentsék át, ha az állapot a változásai során adott küszöbértékhez érkezik; ekkor a „döntés” alapvetően eltérő irányokba terelheti az állapotváltozások további menetét. Modelljeinkben, amelyekkel a légőrt szimuláljuk, ez a viselkedési forma úgy jut kifejezésre, hogy a kormányzó egyenletekben nem-lineáris tagok (az állapotváltozók $\Psi_i \cdot \Psi_i$ és $\Psi_i \cdot \Psi_j$ típusú szorzatai) is megjelennek. Ez a tulajdonság pedig a kutatások más metodikáját követeli meg az időjárás időskáláin, és megint más metodikát kíván az éghajlati időskálákon.

A szinoptikus meteorológiában a figyelmet az individuális légköri állapotok időbeli sorozatára irányítjuk, és feltételezzük, hogy az időjárást a légkör viselkedését kormányzó termodinamikai egyenletek a légkör állapotának valamely „kezdeti időpontban” történő előírásán keresztül egyértelműen meghatározzák. Az időjárás előrejelzése ilyenformán — matematikai értelemben — egy tipikus *kezdetiérték-feladat*ot jelent: az állapotváltozásokat meghatározó differenciálegyenletek idő szerinti integrálását a $t = t_0$ -hoz tartozó induló állapotból addig a jövőbeli $t > t_0$ időpontig, amelyre a prognózis szól. Ennek a determinisztikus módszernek az alkalmazhatósága azonban időben véges. Mivel a kezdetiértékeket a gyakorlatban a mérőpontok ritkasága és az elkerülhetetlen mérési hibák miatt nem tudjuk „abszolút pontossággal” előírni, a véletlenszerűen belépő kis hibák pedig — a légkör előbb említett viselkedése, illetve a kormányzó egyenletek nem-lineáris volta miatt — az idővel növekednek, az időjárás prognosztizálhatósága eleve korlátozott. Numerikus kísérletek bizonyítják, hogy az induló állapot megadásában rejlő apró hibák amplitúdója kezdetben 2-4 naponként duplázódik meg, s bár később a hibanövekedés mértéke a hiba nagyságával csökken, 2-3 héten túl a prognózis tévedése már ugyanakkora, mintha egy véletlenszerűen megválasztott reális légköri állapotot adtunk volna meg „előrejelzésként”. Ez a 2-3 hét az időjárási folyamatok előrejelez-

hetőségének elméleti határa — *elméleti* azért, mert a gyakorlatban még igen messze vagyunk attól, hogy ilyen távra jó prognózisokat tudjunk készíteni, de azért is, mivel ezen a határon túl eleve (tehát függetlenül az alkalmazott módszer tökéletességétől) nem lehet determinisztikus prognózist csinálni. Az éghajlati időskálákon tehát valamilyen más metodikához kényszerülünk folyamodni. Itt a feltételezésünk lényege az, hogy a légköri állapotok kronológiai egymásutánja *véletlenszerű eseménysor*, és a légköri állapotok *sokaságának* a statisztikai tulajdonságai azok, amelyek a kormányzó egyenleteken keresztül egyértelműen determináltak. Úgy vélekedünk, hogy az éghajlati időskála lényegesen hosszabb időtáv a rendszer egészének disszipációs idejénél, azaz már elegendően hosszú időtartam ahhoz, hogy azon belül a légkör „elfelejtse” a kezdeti feltételeket; az állapotváltozások zajlanak a maguk belső fizikai törvényszerűségei szerint, de ezek számunkra véletlen eseményekként jelennek meg; végül aszimptotikusan beáll a belső rendszer állapotai sokaságának egy olyan határeloszlása, amelyről feltételezzük, hogy az a rendszernek a külső kényszerekkel való egyensúlyát reprezentálja. Az éghajlat előrejelzése ilyenformán — matematikai értelemben — egy tipikus *határérték-feladat*ot jelent: az éghajlati rendszer állapotát kormányzó termodinamikai egyenletek megoldásai statisztikájának az előállítását a vizsgált éghajlati időskálára vonatkozóan az előírt határfeltételek (külső éghajlati kényszerek) függvényében.

Az éghajlat előrejelzésének most vázolt és meglehetősen célratoró módszerével a kérdést elvileg akár elintéztnek is tekinthetnénk, ha a kormányzó egyenleteknek az éghajlati időskálára történő integrálásával a belső rendszer állapotainak egy *ideális* sokaságához jutnánk. Csakhogy „ideális” — tehát a véletlenszerű fluktuációk hatásaitól mentes — eloszlást mutató sokaságot szigorúan véve, más-ként mint végtelen időtávra vonatkozó előrejelzéssel, lehetetlen produkálni. Minden egyéb esetben óhatatlanul belép a képbe egy *éghajlati zaj*, aminek a megértéséhez ismét vissza kell térnünk a klíma jellemzésénél alkalmazott időfaktor megválasztásának a kér-

désére.

Eghajlati zaj, éghajlati jel

Az éghajlatkutatás alapproblémáiról egzakt képet remélő Olvasót talán ki-elégítik azok az indokok, amelyek alapján az éghajlati időskála alsó határát a 30 nap környezetébe helyezzük. De joggal vetheti fel a kérdést: miért éppen 30 év hosszúságú az az időszak, amelynek a méréseiből éghajlati normálértékek származtathatók le? És aligha elégíti ki az a válasz, amely szerint egy ilyen időtáv már „elegendően hosszú” ahhoz, hogy reprezentatív klímaparamétereket nyerhessünk. Valóban, a klímaelmélet precíz matematikai vázát célszerűtlen lenne ilyen kompromisszumos definícióra alapozni. Ám hogyan lehet ezt a problémát megkerülni?

Tudjuk, hogy a meteorológia gyakorlatában a légkör és a többi földi szféra állapotát reprezentáló folytonos mezők leírását úgy közelítjük, hogy a megfigyelések, illetve a numerikus modellszámítások eredményeit a tér nagyszámú, de véges pontjára adjuk meg. Így áll elő a Ψ állapotvektornak az a többváltozós idősora, amelyben a részletek az időjárás folyamatát jellemzik, az idősor statisztikai tulajdonságainak összességétől pedig azt reméljük, hogy az éghajlatot karakterizálja. E statisztikai tulajdonságok meghatározásához nyilvánvalóan különböző módszereket alkalmazhatunk, amelyek közül a legtermészetesebb, leggyakrabban kiszemelt és a gyakorlatban legkönnyebben kivitelezhető eljárás az, ha az átlagolási műveleteket valamilyen τ időintervallumra vonatkozóan hajtjuk végre. A problémát tehát szemmel láthatóan az jelenti, hogy ez a módszer a τ kijelölésének folytonos spektrumát teszi lehetővé, aminek a keretében a $\tau \rightarrow 0$ választás az időjárásba, az elvileg logikusnak tűnő $\tau \rightarrow \infty$ választás egy „valódi”, ám változni nem képes éghajlatba torkollik, a például $\tau = 30$ év választás pedig éppen a kifogásolt kompromisszum.

A fizikusok a múlt század közepe táján pontosan ezzel a problémával találták szemben magukat a statisztikus termodinamika elméletének kidolgozása során. Ebben az analógiában a

gázmolekulák egyedi mozgása felel meg az időjárásnak, a gáz statisztikai tulajdonságai (például annak hőmérséklete és nyomása) pedig az éghajlatnak. És itt is, ha értelmezni akarjuk a gáz állapotváltozásait, akkor ezeket a tulajdonságokat nem definiálhatjuk végtelen időintervallumra vonatkozó átlagokként.

A statisztikus mechanikában a kérdés megoldását a *statisztikus sokaság* fogalmának a bevezetése jelentette. A sokaságot az eredeti dinamikai rendszer példányainak lényegében végtelen számú kollekciója alkotja, amelyek mindegyike a maga természetes módján változtatja állapotát a múltó időben, és bármely adott időpillanatban a sokaság tagjainak az állapota valamilyen valószínűségeloszlás szerint rendeződik el. A feladatot annak az idővel aszimptotikusan beálló egyensúlyi határeloszlásnak a megkeresése képezi, amely már nem függ a sokaság tagjainak az individuális állapotváltozásaitól, és ezt a valószínűségi határeloszlást kell a megfelelő halmazátlag segítségével statisztikailag jellemezni. A valószínűségeloszlás jellemző adatainak a birtokában azután már értelmes kérdések tehetők fel arra vonatkozóan, hogy miként módosítják a külső kényszerek ezeket a paramétereket az egyensúlyi valószínűségeloszlás megváltoztatásával.

Ha a klimatológus ugyanezt a módszert kívánná követni, akkor a Földdel azonos égitestek sokaságát kellene elképzelnie, amelyek mindegyikére ugyanaz a külső kényszer hat, mindegyikén ugyanaz a szárazfölkék elrendeződése, és az időjárás az összes égitesten zajlik a maga törvényszerűségei szerint, függetlenül az összes többitől. Ekkor az éghajlatot a légköri állapotok így előálló azon sokasága jelentené, amelynek a valószínűségieloszlása már független az egyedi égitesteken végbemenő gyors időjárási fluktuációktól, de változhat a változó külső kényszer hatására. Nyilvánvaló, hogy ez a klíma éppen annyira elvont, elméleti fogalom lenne, mint a $\tau \rightarrow \infty$ időintervallumra definiált klíma. Ugyanakkor azonban kíváncsi, hogy a végtelen sokaságra és a végtelen időtávra értelmezett éghajlat karakterisztikái változatlan külső kényszerek esetén megegyezzenek. Azt az éghajlati rendszert, amelyre ez a feltétel teljesül,

ergodikusnak (vagy *tranzitívnak*) nevezzük; erre a problémára a későbbiekben röviden még visszatérünk.

Az ember azonban egyetlen Földön él, számára az időjárási eseményeknek csak egyetlen sorozata létezik, és érthető, hogy sokkal jobban érdekli ennek az egyetlen rendszernek a permanens viselkedése, mint egy elképzelt sokaság valamilyen átlagolt viselkedése. Ezért nem marad más választásunk, mint az éghajlatot a rendszer állapotainak olyan ideális sokaságaként felfogni, aminek a valószínűség-eloszlását véges számú mintából kell megbecsülni. A minta méretét a rendelkezésre álló információ határozza meg, továbbá annak az időszaknak a hossza, amelyen belül a belső rendszernek az éghajlati kényszerekkel mutatott egyensúlyát keressük.

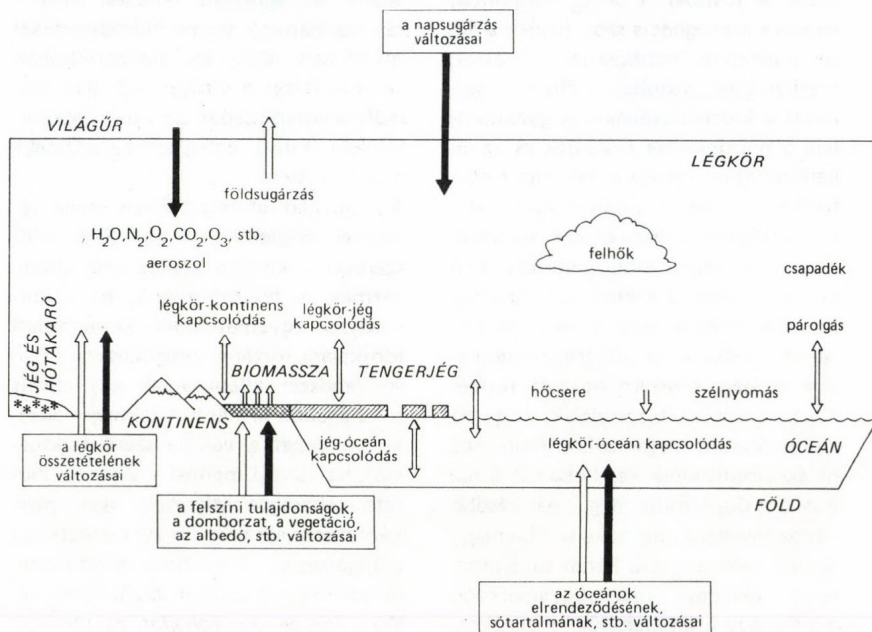
Mivel a mintaszám véges, az éghajlat becült karakterisztikái szükségszerűen ingadoznak az ideális sokaság alapján levezetett éghajlati karakterisztikák értéke körül. Ez az ingadozás kelti azt a bizonytalanságot, amit *éghajlati zajnak* nevezünk. Az éghajlati zaj forrása az éghajlati rendszer belső statisztikai fluktuációinak az együttese, tehát azok az időjárási jellegű állapotváltozások, amelyek az éghajlati időskálákon véletlenszerű eseményekként következnek be. Az éghajlati zaj könnyen elkendőzheti az éghajlati trendet.

hajlat valódi jellemvonásait, de azt az *éghajlati jelet* is, amely a lassan változó külső kényszereknek a belső rendszerre kifejtett hatásából ered.

A klimatológus feladata, hogy az éghajlati zajból értékelhető éghajlati jelet szűrjön ki, és ezt a jelet (tehát a különböző időskálájú éghajlati trendeket) okságilag elemezze. E nem könnyű feladat megoldhatóságának az egyik lényeges előfeltétele a belső éghajlati rendszer és a külső éghajlati kényszer egzakt szétválasztása. Definícióinkban ezért is szerepel szigorú kikötésként az éghajlati rendszer és a külső kényszer közötti direkt visszacsatolás hiánya – ellenkező esetben ugyanis a kényszer szintén résztesül a belső rendszer előrejelezhetetlen, véletlenszerű viselkedéséből, s így ok és okozat már nem lesz tovább élesen elhatárolható.

Az éghajlati rendszer felépítése

Az éghajlati rendszer középponti összetevője természetesen maga a *légkör*. Ez a rendszer legnagyobb változékonyságra képes eleme: a troposzféra egészének karakterisztikus igazodási ideje a szokásos intenzitású termikus és mechanikai kényszerekhez egy hónap körül van. Hőmérsékleti változékonyságát tekintve a kontinensek



3. ábra:

Az éghajlati rendszer összetevői. Az éghajlat változásában szerepet játszó belső kölcsönhatásokat a világos nyilak, a külső kényszereket pedig a sötét nyilak jelölik.

száraz felszíne nagyjából azonos a légkörével, tehát az éghajlati időskálán ezt az elemet is a belső rendszer összetevőjeként kell kezelnünk. Az óceánok hatalmas víztömegének tehetetlensége már lényegesen nagyobb: az éghajlati időskála alsó tartományában a tengervíz hőmérséklete egyértelműen az éghajlati kényszerek egyikének szerepét tölti be. Az időskála növelésével azonban az óceánok mind mélyebb rétegeinek a termikus és kinematikai állapota (hőmérséklete és mozgása) alakul kölcsönhatásban a légköri állapotváltozásokkal, azaz válik a *hidroszféra* is az éghajlati rendszer komponensévé. A többi földi szféra esetében szintén hasonló a helyzet: a vizsgálódásul választott időskálától függ, hogy a *krioszféra* (tehát a felszíni és felszín alatti hó- és jégmezők), a *felszíni litoszféra* (a földfelszín alkotó talaj, kőzet és hordalék) vagy a *biomassza* (Földünk növény- és állatvilága, továbbá az emberiség is a maga sokrétű tevékenysége által) vezérli-e az éghajlatot, vagy az éghajlati rendszer komponenseivel kölcsönhatásban az is a belső rendszer egyik elemét alkotja (3. ábra).

Vannak azután olyan folyamatok, illetve tényezők, amelyek az időskála kijelölésétől függetlenül mindig az *éghajlati kényszer* szerepét töltik be, mert klímaalakító hatásuk kétségtelen, az éghajlati rendszer folyamataival történő kölcsönhatásba lépésüket pedig nehéz lenne elképzelni. Ilyen vezérlő effektus például a földi szférában a levegő kémiai összetétele, a kontinensek elrendeződése és domborzata, a vulkántevékenység, tágabb körbe tekintve pedig a Föld orbitális paraméterei, a naptevékenység és a különböző kozmikus hatások.

Bármilyen éghajlati vizsgálódás esetében a tanulmányozni kívánt időskála pontos rögzítése nem csak azért fontos, mert az időfaktor határozza meg, hogy milyen összetételű a belső éghajlati rendszer, hanem az időintervallum hosszával módosul az éghajlati zaj fogalomköre is. Általában zajként értelmezzük a légköri állapotváltozások minden olyan formáját, amely nehezíti (esetleg lehetetlenné teszi) a keresett állapotváltozás (azaz a jel) értelmezését. Ebből következik, hogy amiként éghajlati zajt képviselnek az időjárás előrejelezhetetlen statisztikai

fluktuációi a havi és évszakos éghajlati anomáliák (keresett éghajlati jelek) számítása során, ugyanúgy zajt jelentenek a véletlenszerű havi, évszakos és éves éghajlati anomáliák az évtizedes és évszázados klímaingadozások elemzésénél, és zajként szuperponálódnak az évezredek és évmilliók éghajlatváltozására az egy vagy több nagyságrenddel rövidebb periódusidejű ingadozások. A kutatás gyakorlatában az éghajlati zaj kérdése a statisztika ismert mintavételezési problémájaként jelenik meg, és azzal a következménnyel jár, hogy bármilyen számított éghajlati trendet csak akkor szabad szignifikánsnak elfogadni, ha a jel és a zaj aránya az egységet meghaladja.

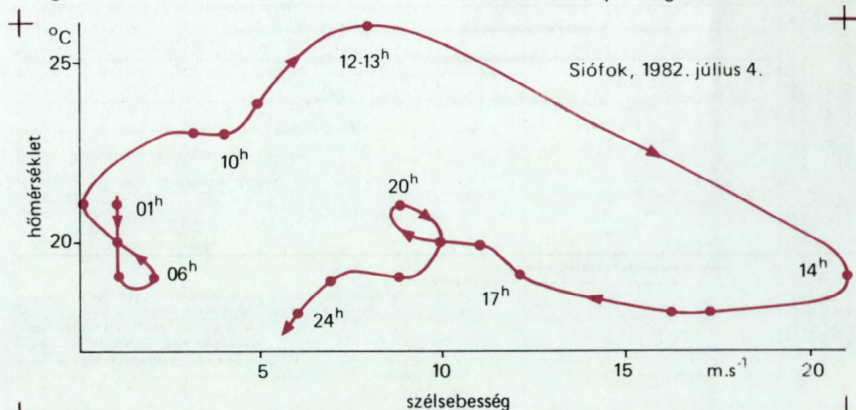
Az éghajlat a fázistérben

Számos eddig bevezetett fogalomról szemléletes kép rajzolható, ha azokat a fázistérben kíséreljük meg elhelyezni. Tételezzük fel, hogy a légkör állapota n számú adattal, a $\Psi_1, \Psi_2, \dots, \Psi_n$ valós számokkal (állapotváltozókkal) jellemezhető. A $\vec{\Psi} = (\Psi_1, \Psi_2, \dots, \Psi_n)$ vektorok R^n halmazát *állapottérnek*, vagy *fázistérnek* nevezzük. Más megfogalmazásban tehát a fázistér egy olyan n -dimenziós tér, amelynek a koordinátái a $\vec{\Psi}$ állapotvektor $\Psi_1, \Psi_2, \dots, \Psi_n$ komponensei. Ekkor a rendszer adott állapotát a fázistérben egyetlen pont, az állapotváltozást pedig egyetlen görbe (trajektória) képviseli; a periódikus változásokat zárt trajektóriák ábrázolják, a rendszer valódi egyensúly (stacionárius állapota) pedig rögzített pontként jelenik meg.

$n > 3$ -dimenziós ábrákat elképzelni nehéz, megrajzolni pedig lehetetlen. Ezért tételezzük fel, hogy a légkör állapotát $n = 2$ állapotváltozó (például a szélesség és a hőmérséklet) már a kívánságnak megfelelő részletességgel jellemzi. Ebben az esetben az állapotváltozás trajektóriáját a kétdimenziós fázistérben a 4. ábra tünteti fel. Következésképpen az időjárás előrejelzés feladata annak a trajektóriának az előállítását jelenti, amely a fázistérben a $t = t_0$ kezdeti időponthoz tartozó $\vec{\Psi}^{(0)}$ ponton áthalad. A rendszer akkor determinisztikus, ha létezik az állapotváltozásokat kormányzó olyan $n + 1$ változós $\varphi(\vec{\Psi}, t)$ függvény, amely a $\vec{\Psi}^{(0)}$ kezdeti állapothoz és minden t időponthoz pontosan egy $\vec{\Psi} = \varphi(\vec{\Psi}^{(0)}, t)$ állapotot rendel. Érdeemes megjegyeznünk, hogy az R^n fázistérből és a nagyjából körvonalazott φ függvényből álló (R^n, φ) párt gyakran szokás *dinamikai rendszernek* nevezni.

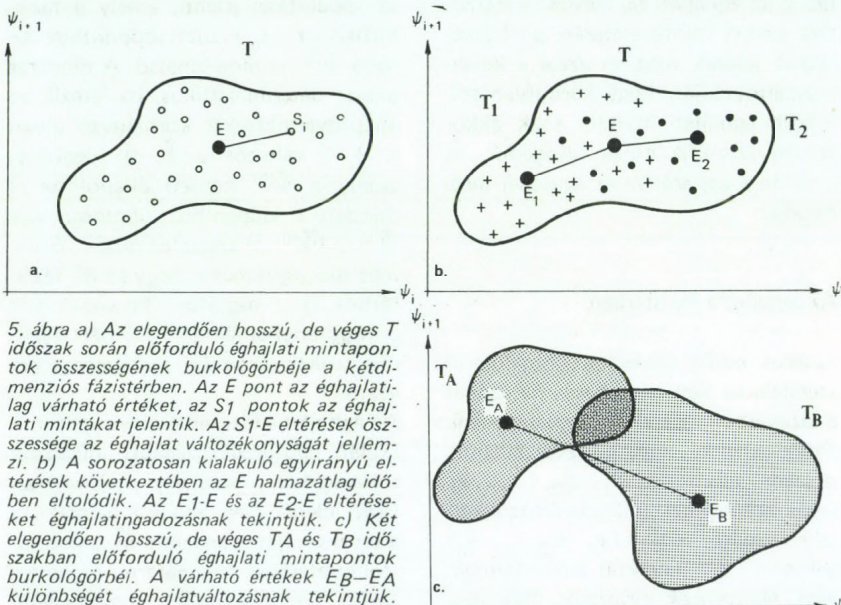
Az éghajlat a fázistérben a vizsgált időskálán előforduló légköri állapotok sokaságaként, azaz egy *ponthalmazként* jelenik meg; ennek a halmaznak a struktúráját jellemzik a $\vec{\Psi}$ valószínűségeloszlásának paraméterei. *Elemi éghajlati mintapontnak* vagy *egyedi éghajlati mintának* a fázistér azon pontját nevezzük, amely egy-egy viszonylag rövid éghajlati időszak (pl. hónap, évszak vagy év) klímaállapotát reprezentálja — az időszak „viszonylagos rövidségét” (más szóval az éghajlati mintavételezés sűrűségét) minden konkrét feladatnál gondosan mérlegelni kell.

Az éghajlati változékonyság különböző kategóriáinak (tehát a klíma fluktuációinak, ingadozásainak és



4. ábra
A szélesség és a hőmérséklet változásának trajektóriája kétdimenziós fázistérben.

megváltozásának) a megjelenését a fázistérben az 5. ábrán szemléltetjük. Nyilvánvaló, hogy minél kisebb a mintapontok számossága, és minél nagyobb az elemi (időjárási vagy éghajlati) mintapontok szórása (tehát az éghajlati zaj szintje), annál kisebb megbízhatósággal tudunk például az $E_1 - E$ klímaingadozás vagy az $E_B - E_A$ klímaváltozás realitására (az éghajlati jel szignifikanciájára) következtetni.



5. ábra a) Az elegendően hosszú, de véges T időszak során előforduló éghajlati mintapontok összességének burkológörbéje a kétdimenziós fázistérben. Az E pont az éghajlatilag várható értéket, az S_1 pontok az éghajlati mintákat jelentik. Az S_1-E eltérések összessége az éghajlat változékonyságát jellemzi. b) A sorozatosan kialakuló egyirányú eltérések következtében az E halmazátlag időben eltolódik. Az E_1-E és az E_2-E eltéréseket éghajlat-ingadozásnak tekintjük. c) Két elegendően hosszú, de véges T_A és T_B időszakban előforduló éghajlati mintapontok burkológörbéi. A várható értékek $E_B - E_A$ különbségét éghajlatváltozásnak tekintjük.

Éghajlati kényszerek

A különböző fizikai és kémiai folyamatokkal egymáshoz kapcsolódó éghajlati rendszer a közvetlen és közvetett bizonyítékok szerint az összes

időskálán képes változást felmutatni. Tekintettel a rendszer igen összetett voltára, talán nem meglepő a különböző elméleteknek az a gazdag választéka, amelyet a klímaváltozások magyarázására kidolgoztak. Valójában a kutatók az elmúlt évtizedek során az éghajlat megváltozásának oly sok lehetséges okát sorakoztatták fel, hogy eddig még senki nem vállakozott teljességre törekvő és egységes mód-

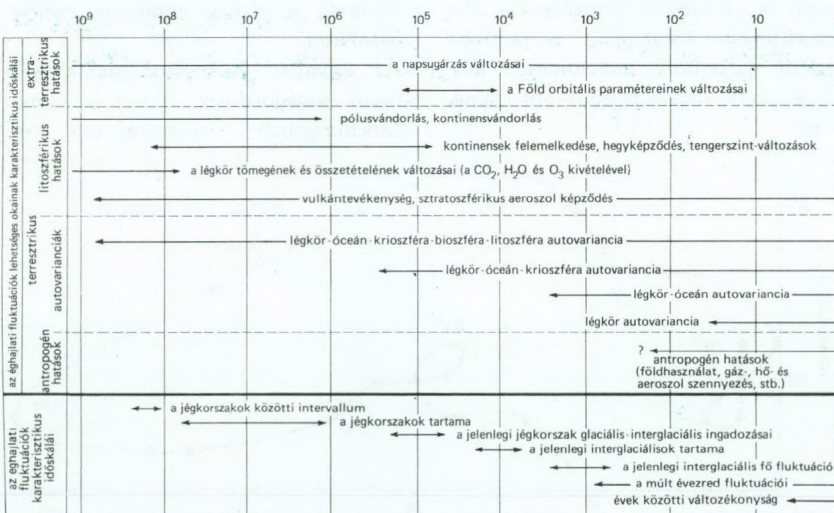
szereken alapuló összehasonlító verifikálásukra.

A feltételezett éghajlati kényszerek népes körét (6. ábra) különböző szempontok szerint osztályozhatjuk. A kényszerek egyik csoportja az összes

időskálán működik, például előfordulásuk gyakoriságának a függvényében (ilyen pl. a vulkanikus por), míg mások csak a geológiai időskálán válhatnak fontosakká (lemeztektonika), vagy éppenséggel csak a havi, évszakos és évek közötti éghajlati fluktuációkban jutnak szerephez (mint a tengerfelszín hőmérséklete). Vannak éghajlati kényszerek, amelyeknek a hatékonyságát szinte fenntartás nélkül elfogadjuk (ilyen a Föld orbitális geometriája), mások esetében el tudjuk képzelni azt a lehetséges hatásmechanizmust, amelynek révén az éghajlat módosul, de hiányzik vagy kevés az olyan meggyőző érv, amely a kérdéses kényszer fontosságát bizonyítja (ilyen a naptevékenység). Szokásos az éghajlati kényszereket extrateresztikus részre (pl. nasugárzás) és teresztikus részre (pl. hegyképződés) tagolni, továbbá megkülönböztetni azokat természeti és antropogén eredetűk szerint. Ezek azonban nem mind egymást kizáró kategóriák, hiszen például a légköri szén-dioxid koncentráció megváltozásának egyaránt lehetnek természeti, illetve az emberi tevékenységből fakadó okai. Ezenfelül az éghajlatalakító mechanizmusok szigorú szétválasztása néha már csak azért sem lehet tökéletes, mert néhány vezérlő folyamat eleve összefügg (pl. az óceánok kiterjedésének megváltozása a hegyképző folyamatokkal), más mechanizmusokat pedig feltétlenül együtt kell vizsgálni (pl. a lemeztektonikát és a földkéreg átalakulásának folyamatait).

dr. Götz Gusztáv

* Vége az első résznek *



6. ábra:

Példák az éghajlat változékonyságában potenciálisan szerepet játszó folyamatokra (fent), és a megfigyelt éghajlati változékonyságok jellegzetes időskálái (lent), Kutzbach nyomán.

A „Légkör” régebbi évfolyamaiból egyes számok 10.- Ft-os egységáron (plusz postaköltség) korlátozott példányszámban kaphatók.

Megrendelés az OMSZ Pénzügyi Osztályán a kívánt évfolyam ill. szám feltüntetésével.

Cím: Budapest, 1525 Postafiók 38.

METEOROLÓGIA ÉS A TÁRSADALOM LÉTBIZTONSÁGA

A Magyar Meteorológiai Társaság ünnepi ülést tartott 1985. március 20-án a XXV. Meteorológiai Világnap alkalmából. Az alábbiakban dr. Antal Emánuel ott elhangzott előadását adjuk közre.

(Szerkesztő Bizottság)

A meteorológia nemzetközi történetében három nevezetes dátumot tartunk számon. 1853-hoz kötődik az első, amikor első ízben szerveztek nemzetközi összefogással végrehajtandó programot az időjárási események megfigyelésére, vizsgálatára. Ettől az időponttól 25 évnek kellett eltelnie ahhoz, hogy felismerjék az időjárás előrejelzésével foglalkozó szakemberek a nemzetközi összefogás nélkülözhetetlenségét. Ennek jegyében hozták létre 1878-ban a Nemzetközi Meteorológiai Szervezetet. Így immár közel 110 éve annak, hogy a meteorológiai tevékenységet nemzetközi szinten koordinálják. A harmadik nevezetes dátum a meteorológia nemzetközi történetében 1950-re esik, amikor is életbe lépett a meteorológiai világegyezmény, új szervezeti keretek között. Az ENSZ szakosított intézményeként genfi székhellyel 1950. március 23-án kezdte meg működését az újjászervezett Meteorológiai Világszervezet, most már mint kormányok közötti hivatalos szerv. Tíz évi működés után határozta el a Meteorológiai Világszervezet Végrehajtó Bizottsága, hogy 1961-től kezdve a tagállamok nyilvánítsák meteorológiai világnappá a WMO megalakulásának évfordulóját, s ünnepeljék meg azzal, hogy ezen a napon meteorológiai ismeretterjesztő előadásokat és kiállításokat rendeznek, a sajtó, a rádió és a televízió segítségével pedig tájékoztassák a nagyközönséget a meteorológia célkitűzéseiről, feladatairól, s mutassanak rá egy-egy témakörben a tudomány kutatási és szolgáltatási eredményeire, illetve azok gyakorlati hasznosíthatóságára. Ezt a programot a Világszervezet tagállamai immár kö-

zel negyedszázada meg is valósítják, mégpedig úgy, hogy az évfordulón a meteorológia egy-egy részterületéről kiemelt témát ismertetnek a gazdasági és a társadalmi élet legidősebb kérdéseivel összefüggésben.

1961-től a magyar meteorológiai szolgálat is méltóképpen megünnepelte minden esztendőben ezt a napot. Tudományterületünknek már szinte mindegyik témaköre napirenden volt, s mindig valamilyen aktuális társadalmi vagy gazdasági kérdéshez kapcsolva. Foglalkoztunk már a közlekedés, a turisztika, a mezőgazdaság, a vízgazdálkodás, az egészségügy, a környezetvédelem, az élelmiszertermelés és az időjárás kapcsolatával, az éghajlatváltozás és a társadalom összefüggéseivel, hogy csak a legfontosabb területeket említsem.

Ma a XXV. Meteorológiai Világnap megünneplésére jöttünk össze. E héten a Meteorológiai Világszervezet több mint 150 tagállamában tekintik át „A meteorológia és a társadalom létbiztonsága” közötti összefüggéseket, ill. a WMO-nak azt az integrált nemzetközi tevékenységét, amelyet a társadalom létbiztonsága érdekében fejt ki a meteorológia területén.

Az időjárásnak és éghajlatnak számos olyan jelenségét ismeri az emberiség, amely nagymértékben befolyásolja tevékenységét, esetenként pedig drasztikusan kihat még a létbiztonságára is. Gondoljunk csak a hazánkban kevésbé ismert trópusi ciklonokra, az ezek okozta hatalmas árvizekre és szökőárakra, a tornádókra, a lavínákra, az éghajlati katasztrófákra, mint pl. az évek óta tartó afrikai aszály vagy a délamerikai El Nino jelensége. Másrészt a létbiztonságot fenyegetné számos olyan időjárási előrejelzés, veszélyjelzés elmaradása, amit az emberek ma már magától értetődőnek tartanak. Ilyen terület többek között a tengeri személy- és áruszállítás, a légi-

közlekedés meteorológiai biztosítása, a szmogriadó elrendelése, üzemi balesetek következtében a légkörbe kerülő mérgező gázok és rádióaktív szennyező anyagok terjedési viszonyainak előrejelzése az esetleges kitelepítési intézkedések megtételéhez. A példákat még sorolhatnánk arra vonatkozólag, hogy a XXV. Meteorológiai Világnap témája miért éppen „A meteorológia és a társadalom létbiztonsága” címet kapta. A Világnap mai témájába beletartoznak a *potenciális időjárási és éghajlati katasztrófák*, de beletartoznak mindazok az időjárási és éghajlati szélsőségek is, amelyek veszélyeztetik az emberi tevékenységet.

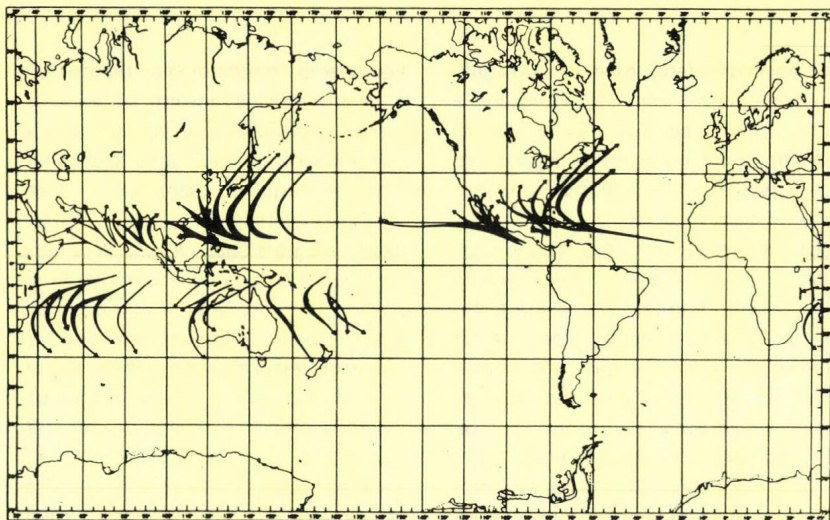
Trópusi ciklonok

Szerencsére hazánkban nem ismeretesek a trópusi ciklonok, annak ellenére érdemes róluk néhány szót ejtenünk. A trópusi ciklont a nyugat-csendes-óceáni területek fölött tájfunnak, az Indiai óceánon ciklonnak, a Nyugat-Atlanti óceán térségében és a Karib-tenger fölött hurrikánnak nevezik. Rendszerint az 5-25 fok szélességek között alakulnak ki a 25-27 °C-ra fölmelegedő tengerek fölött. Ezek az időjárási objektumok a műholdakról közel 1000 km átmérőjű felhőspirálnak látszanak. A rendszerben 100-120 km/óra szélsősebességek alakulnak ki, s nem ritkán egy órán belül 200-250 mm-es felhőszakadás is létrejöhet. A szárazföldeket elérve néhány napon belül fokozatosan elvesztik energiájukat ezek a trópusi viharok.

Megjelenési gyakoriságukra jellemző, hogy az észak-atlanti területeket évente 3-4, de esetenként akár 15-20 is elérheti. A teljes trópusi övezetben mintegy 80 trópusi ciklon fordul elő, s 50 országot és közel 500 millió embert veszélyeztet (1. ábra).

A trópusi ciklonok a tengereken a ha-

józásra veszélyesek. A szárazföldet elérve a hurrikán erejű vihar és a heves esőzés okoz felbecsülhetetlen károkat. A legnagyobb veszélyt azonban a ciklonokkal együttjáró szökőár jelenti, amely az alacsonyan fekvő pontok esetében óriási területeket borít el nagy sebességgel száguldó vízárattal.



1. ábra:
A leggyakoribb trópusi ciklonpályák

A trópusi ciklonok pusztítására jellemző, hogy pl. 1970 novemberében Bangladesben több mint 200 ezer (egyes becslések szerint 400 ezer), 1974 szeptemberében Hondurasban 5000, 1977 novemberében Indiában 200 ezer ember esett áldozatul egy-egy ilyen viharnek és szökőárnak. Fölmerül a kérdés: mit tehet a meteorológus a trópusi ciklonok okozta károk és emberáldozatok csökkentése érdekében? Mivel e hatalmas légköri képződmények emberi beavatkozással ez idő szerint még nem szüntethetők meg, marad a pontos előrejelzése annak, hogy mikor és hol, ill. milyen erővel fog hatni a trópusi ciklon. A jelenlegi technikai felkészültség mellett (műhold, radar, repülőgépes megfigyelés) ma már kialakulásának korai szakaszában felderíthető a trópusi ciklon, és nyomon követhető mozgása és fejlődése. Előzetes figyelmeztetés adható 2-3 napos előnnyel, de a trópusi ciklon szabálytalan útvonalára e stádiumban még nagyon nehéz teljes értékű információt adni. A veszélyeztetett területeken ma már számos államban kidolgoztak intézkedési terveket, amelyek tartalmazzák

a tennivalókat arra az esetre, ha a meteorológus trópusi ciklon közeledtét jelzi. A meteorológus második alapvető szerepe: folyamatosan együttműködni a megfelelő kormányzati szervekkel, s a veszély közeledtével egyre pontosabb előrejelzéseket adni mind a várható útvonalra, mind a ciklon intenzitására vonatkozólag. A hur-

rikán figyelmeztető szolgálat megalakulása óta pl. az USA-ban számottevően csökkent az áldozatok száma, ugyanakkor az anyagi kár jelentősen megnövekedett (ez érthető, hiszen egyre értékesebb anyagi javak esnek áldozatul).

A károk csökkentése érdekében a WMO 1971-ben indította el a Trópusi Ciklon Programot. E nemzetközi program célja az, hogy segítsék az érintett országokat a nemzeti és nemzetközi szinten koordinált rendszer szervezésében. Korszerű technikai felszerelésekkel segítik az érdekelt meteorológiai szolgálatokat. Az elmúlt évtizedben sok minden történt, ám még sok tennivaló maradt e téren.

Árvizek

Nemcsak a trópusi ciklonokkal együttjáró szökőár okozhat katasztrófális árvizeket, hanem a monszunális esőzés, a mérsékelt övi intenzív és tartós csapadék, a hirtelen hóolvadás is. Külö-

nösen a Jangce folyó veszélyes ilyen szempontból, amely évente többször is elönthet hatalmas, sűrűn lakott területeket. Becslések szerint az 1851-1866 közötti 15 év során mintegy 40-50 millió ember életét követelték az árvizek.

Századunk folyamán a folyók és a tengerparti áradások számos országban súlyosbodtak, mivel sűrűn lakott települések alakultak ki az árterületeken és a parti övezetekben. Az árvízkárok csökkentése érdekében kettős feladatot kell ellátniuk a meteorológusoknak és hidrológusoknak. Előbb pontos és számszerű előrejelzést kell adni a várható csapadéokra és a hóolvadásra, majd egy-két napra prognosztizálni kell a folyók várható vízszintjét, ill. vízhozamát. E két előrejelzés szorosan összetartozik, ezért is van az, hogy számos országban szervezetileg összetartozik a meteorológiai és a hidrológiai szolgálat. Ahol szervezetileg elkülönített e két szolgálat, ott a munka magasszintű koordináltsága biztosíthatja a maximális hatékonyságot, mint pl. hazánkban is. Nagyobb folyóknál, amikor számos országot érint a vízfolyás, a nemzetközi együttműködés nélkülözhetetlen. Ez a helyzet a Duna esetében is. A munkák összehangolására már több évtizeddel ezelőtt létrehozták az érintett országok a Duna Bizottságot, amelynek feladatkörébe tartozik többek között a dunai árvizek előrejelzési munkáinak összehangolása is.

Hogy a meteorológusok és hidrológusok sikeresen közreműködhesenek az árvíz- és belvíz-elhárítás figyelő rendszerének eredményes működésében, hosszú és pontos megfigyelési adatsorra van szükségük. Csakis a nemzetközi együttműködés teszi lehetővé az adatok kompatibilitását, ill. az információk gyors cseréjét. A Meteorológiai Világszervezet útmutatókban és kézikönyvekben szabályozza az adatgyűjtés, az adatfeldolgozás és az adatforgalmazás elveit, módszereit. A WMO gondoskodik a mérőműszerek nemzetközi összehasonlításáról és kalibrálásáról is. Nemzetközi szemináriumokat, továbbképző tanfolyamokat szervez, sőt a fejlődő országoknak technikai segítséget is nyújt ahhoz, hogy az árvíz-előrejelzés minél eredményesebb lehessen a veszélyeztetett területeken.

Hegyvidéki árvizek, lavinák, tornádók

A hegy- és dombvidéki gyors árvizek, ill. a lavinák bizonyos időjárási helyzetekben szinte pillanatok alatt alakulnak ki. A veszélyjelzéshez gyors időjárási jelzőrendszert kell kiépíteni. Az előrejelzéshez rendszerint kevés idő, többnyire néhány óra áll rendelkezésre. Az elmúlt évtizedben a meteorológiai szolgálatok nagy figyelmet fordítottak az ilyen veszélyhelyzetek előrejelzésére, ill. a technikai felszerelések fejlesztésére. Az időjárási veszélyjelző rendszer kiépítése keretében szolgálatunk is létrehozta az időjárási radarhálózatot. A szentgotthárdi, a budapesti, a nyíregyházi és a pécsi elhelyezésű radarhálózat ma már képes áttekinteni az egész ország időjárási eseményeit, s a műhold információval együttesen lehetővé teszi a gyors riasztást, melynek hatására az illetékesek megtehetik a szükséges óvintézkedéseket.

A lavinaveszélyes országokban hasonlóképpen jól kiépített az időjárási veszélyjelző rendszer. Itt a szükséges időelőny egy-két nap vagy néha még ennél is rövidebb idő. Nagyon kevesen tudják azt, hogy lavinaomlás miatt még ma is ezrekre tehető a halálos balesetek száma. Az utóbbi évtizedekben sokszorosára nőtt túristaforgalom és sportolás következtében ez a szám jóval nagyobb is lenne, ha időközben nem fejlődött volna oly nagy mértékben az időjárási gyors riasztó rendszer.

A gyors és veszélyes időjárási jelenségek közül a mérsékelt éghajlati övezetben a tornádót kell még megemlítenünk. Ez a néhány 10 vagy 100 m átmérőjű hevesen forgó légörvény akár 500 km/óra sebességű szelet is produkálhat, miközben a szél és a lecsökent légnyomás együttes hatására az örvény embereket, gépjárműveket emelhet a magasba, vagy épületeket dönthet össze. Az USA-ban pl. évente átlagosan 700 tornádót jegyeznek fel, s a halálesetek száma ott 100 körüli. Szerencsére a korszerű időjárási radarokkal a tornádó is felderíthető, sőt útvonala nyomon követhető, így a lakosság idejében figyelmeztethető. Hazánkban is megfigyeltek már kisebb-nagyobb erősségű tornádót. Vannak hazai meteorológiai feljegyzések, mi-

szert lovaskocsit emelt át a kerítésen egy tornádó.

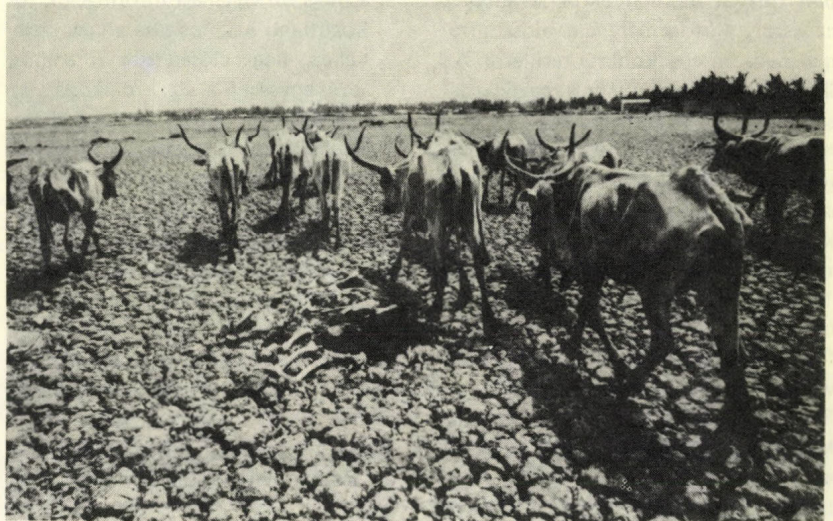
Mint minden rövidéletű időjárási veszélyt, úgy a tornádót sem lehet pontosan előrejelzni. Az időjárási helyzet, amelyben a tornádó kialakulhat, jól ismert, ezért a meteorológus kiadhat egy általános figyelmeztetést. Ha viszont a tornádót az időjárási radarral felderítették, könnyű a mozgását követni, és sokkal pontosabb figyelmeztetés adható.

Éghajlati katasztrófák

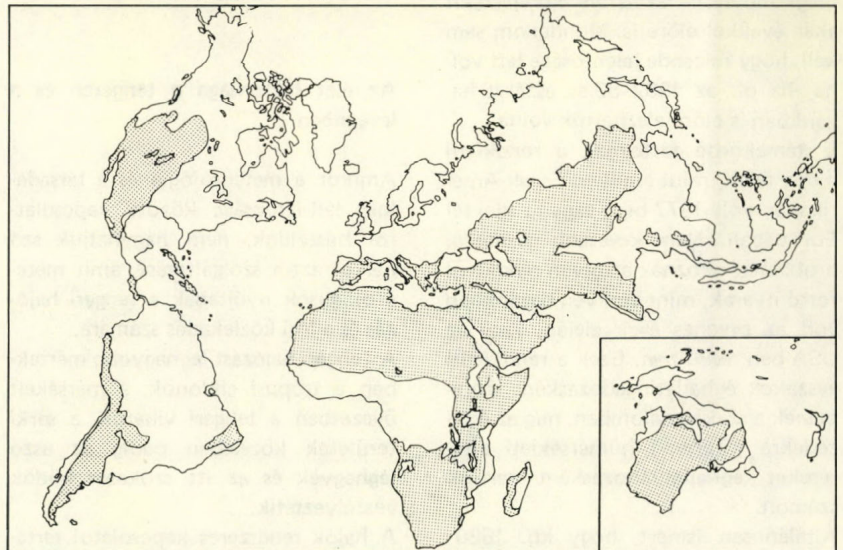
Az éghajlati katasztrófák fogalmkörébe a több hónapra vagy több évre kiterjedő időjárási rendellenességek tartoznak. Az elmúlt néhány évben e

tekintetben kiemelkedő helyre került a szaheli övezetben tapasztalható, évek óta tartó aszály, de e kategóriába sorolják az 1982-1983-as igen intenzív El Nino jelenséget is.

Hatalmas gazdasági veszteségeket, s ezzel együtt emberáldozatokat követelt az 1968-73 közötti aszályos évek sorozata is. A hat év során az afrikai területeken kívül Északkelet-Braziliát, Ausztráliát, Indonéziát és a Szovjetunió jelentős részét sújtotta ez az éghajlati katasztrófa. A károk csökkentése érdekében számos országban próbálkoztak már mesterséges csapadékkeltéssel, s ilyen nemzeti és nemzetközi programot a WMO is több ízben kezdeményezett. Az eredmények ugyan biztatók, ám nincsenek olyan kilátások, hogy a jelenlegi technika



Az aszály által megtizedelt tehéncsorda Senegálban, 1973-ban.



2. ábra

Földünk sivatagjai és az aszálytól gyakran sújtott területei.

mellett hathatósan és nagy területen csökkenteni lehetne az aszály mértékét (2. ábra).

Addig, amíg az aszályt nem tudjuk megelőzni a meteorológus feladata: megalapozottabb előrejelzés készítése arra vonatkozólag, hogy hol és mikor fog bekövetkezni, s meddig fog tartani az. Sajnos az aszály időskáláját tekintve még nincs tudományosan megalapozott módszer, amelynek birtokában egyértelműen előrejelezhetnénk ezt az éghajlati katasztrófát.

Kérdés tehát az, hogy mit tehetnek a meteorológiai szolgálatok az aszályt illetően. A válasz természetesen a klimatológiai ismereteink eredményesebb alkalmazásán nyugszik. Alkalmazva a sok évtized alatt összegyűjtött éghajlati információinkat a múltban történt eseményekről, lehetséges az aszály előfordulásának valószínűségét megadni egy konkrét területre. Az ilyen becsléseket főként a mezőgazdasági tervezők használhatják.

Közben további kutatásokat kell folytatni az aszály kiváltó okainak feltárására. Az újabb szakirodalomban találkozzunk is ilyen kutatásokkal. Kecsegtető eredményekre jutottak pl. az 1980-as években kialakult aszályok okainak feltárása során. Nagy számítógépes vizsgálatokkal összefüggést véltek felfedezni többek között az El Nino jelenség föllépése és az afrikai aszály létrejötté között. Ezek az elsődleges eredmények azonban még további igazolásra várnak. Minden esetre egy ilyen összefüggés létezését megkönnyítené az aszály előrejelzését akár évekkel előre is. Mondanom sem kell, hogy micsoda jelentősége lett volna, ha pl. az 1982-83-as aszályt hazánkban is előrejelezhetjük volna.

E témakörbe tartoznak a rendkívül hideg telek, mint amilyen Észak-Amerikában volt 1977-ben, vagy az idei tél Európában. Nem kevesebb gazdasági problémát okoznak az olyan rendkívül forró nyarak, mint amilyen hazánkban volt az ötvenes évek elején, vagy az USA-ban 1980-ban. Ezek a rendkívüli évszakok éghajlatingadozásokként szerepelnek a szakirodalomban, míg az évtizedekre kiterjedő hőmérsékleti eltéréseket éghajlatváltozásként tartjuk számon.

Általánosan ismert, hogy kb. 1880-1950 között az északi félteke mintegy fél fokkal melegebb volt, ami átlagban

ugyan nem jelent sokat, ám egyes kisebb területeken ez az érték nagyobb is lehet, de megnyilvánulhat abban is, hogy a tavaszi fagyok utolsó napjai korábbra esnek, az őszi első fagyok pedig később következnek be.

Tekintettel az éghajlatingadozások és éghajlatváltozások társadalmi kihatására, a WMO Éghajlati Világprogramot hirdetett meg 1979-ben az alábbi fontosabb feladatokkal:

- az éghajlatváltozások okainak beható elemzése;
- az éghajlatváltozási ismeretek széleskörű hasznosítása a tervezésben és a döntésekben a gazdaság, a környezet és a társadalom klímaérzékeny tevékenységének koordinálása során;
- a meglévő éghajlati információk fokozottabb hasznosítása annak érdekében, hogy elősegítsük az emberi tevékenységet a vízgazdálkodás, az élelmiszertermelés, az energiafelhasználás és más egyéb klímaérzékeny területeken.

Az Éghajlati Világprogram keretében folyó kutatásokban törekednünk kell arra, hogy az éghajlati előrejelzések még több prognosztikai tartalommal legyenek megtöltve, különösen a szélsőséges kilengéseket illetően. Az éghajlati katasztrófák oly nagy jelentőségűek a társadalom számára, hogy a WMO már most elhatározta: 1986-ban ez lesz a Meteorológiai Világnap témája.

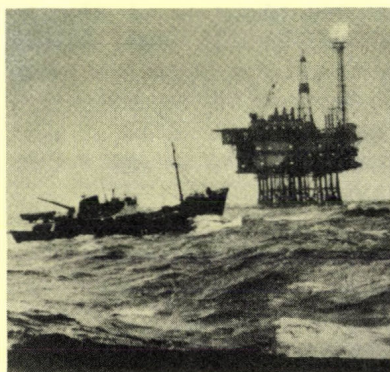
Az élet biztonsága a tengeren és a levegőben

Amikor a meteorológia és a társadalom létbiztonsága közötti kapcsolatról beszélünk, nem hagyhatjuk szó nélkül azt a szolgáltatást, amit meteorológusok nyújtanak a tengeri hajózás és a légi közlekedés számára.

A tengeri hajózást legnagyobb mértékben a trópusi ciklonok, a mérsékelt övezetben a tengeri viharok, a sarki területek közelében pedig az úszó jéghegyek és az itt szokásos ködök veszélyeztetik.

A hajók rendszeres kapcsolatot tartanak fenn a meteorológiai szolgálatokkal, különösen pedig a WMO védnök-

sége alatt működő Tengeri Meteorológiai Szolgálattal (MMS). A hajók tájékoztatására rendszeresen kisugározzák az időjárásjelentéseket. Ezen belül hangsúlyt kap az időjárás objektumok helyzetének, mozgási irányának és sebességének, valamint a tenger állapotának leírása. Veszélyes helyzetekben speciális táviratokat adnak ki. A hajók maguk azzal támogatják a program sikereit, hogy időjárás megfigyeléseket végeznek a rendszer számára. Még ilyen jól szervezett meteorológiai szolgáltatás ellenére is előfordulnak – s nem kis számban – olyan balesetek, amelyek a kedvezőtlen időjárás folyamatok számlájára írandók.



Egy olajkút és egy kisebb hajó hanyórása a viharos tengeren

Az időjárásra talán legérzékenyebb közlekedés a repülés. A felszállás pillanatától a leszállásig a repülőgép ki van téve az időjárásnak. A legkritikusabb meteorológiai elem a látástávolság és a felhőalap. A jegesedés viszont a repülés teljes fázisában veszélyes lehet. Komoly problémákat okozhat az erősen lökéses szél. Egy heves zivatarban történő repülés mindig veszélyes lehet az intenzív eső vagy jég hatása miatt, sőt villámcsapás is érheti a gépet, bár kicsi annak valószínűsége, hogy ez kárt okoz a repülőgép fémtestében.

A modern repülőgépek természetesen már jól fel vannak szerelve, így kevésbé kitettek az időjárás viszonyoknak. Jégtelenítők, fedélzeti radarok segítik a pilótát a veszélyes helyzetek kikerülésében. Ennek ellenére még mindig sok az időjárás okozta katasztrófa.

Nemzetközi szinten gyümölcsöző együttműködést alakított ki a WMO és az ICAO. Technikai szabályzato-

kat és útmutatókat adtak ki olyan témákban, mint pl. a meteorológiai információk biztosítása a felszállás előtt, időjárási jelentés készítése az útvonalra, zivatarok, jégesők, erős turbulenciák jelzése stb.

Általános emberi biztonság

A hajózáson és a repülésen kívül a vasúti és a közúti közlekedés is lehet veszélyes bizonyos időjárási helyzetekben, mint pl. az intenzív eső, ónos eső, köd, hófúvás, viharos szél. A vízisportot és a vízparti üdülést is veszélyeztetik bizonyos időjárási jelenségek, elsősorban a szélviharok. Mindezek betetőzéseként megemlíthetjük még az emberek időjárás érzékenységet, s ezen belül is azokat a betegségeket, amelyek adott időjárási jelenségek hatására rohamokká fejlődhetnek, sőt halálozási okként is szerepelnek bizonyos légköri folyamatok.

Amikor a meteorológia és az élet biztonságáról beszélünk a Meteorológiai Világnapon röviden ki kell térnünk arra is, hogy meteorológiai szolgáltatunk mennyiben tud megfelelni társadalmunk elvárásának.

Az Országos Légköri Veszélyjelző és Riasztó Rendszer hazánkban is kiépítésre került. A meglévő rendszer továbbfejlesztése folyamatos feladatunk. Az élet- és vagyonbiztonságot veszélyeztető, a termelést vagy más emberi tevékenységet jelentősen befolyásoló, *hirtelen kialakuló időjárási jelenségek* ultrarövidtávú előrejelzése nagyrészt megoldott. A várható károk megelőzéséhez vagy csökkentéséhez szükséges figyelmeztetések és riasztások időben az illetékesekhez kerülnek. E tekintetben legtöbb igény hazánkban is a légi-, a közúti és vasúti közlekedés, a vegyipar, az építőipar és a bányászat felől mutatkozik, de ide kell sorolni az üdülőhelyi, elsősorban a tavi viharjelzési igényeket is.

A hirtelen bekövetkező időjárási események káros, sokszor katasztrófális következményei jelentősen mérsékelhetők, esetenként megelőzhetők, ha az érintettek időben, néhány órával az esemény bekövetkezése előtt figyelmeztetést vagy riasztást kapnak. Az időjárási veszélyjelző rendszer annál

hatékonyabb, mennél hamarabb és minél pontosabban jelzi előre az események időpontját, ill. minél konkrétan határolja körül a veszélyeztetett területet. Ez a feladat pedig elsősorban a rendszer tudományos szakmai és technikai fejlettségétől, azaz a szakmai-szellemi háttértől és a sokrétű műszaki-technikai felszereltségtől függ.

A rendszer eszközeül egyrészt a mezoszinoptikai analízisek és előrejelzési módszerek, másrészt azok a technikai berendezések szolgálnak, amelyek lehetővé teszik a veszélyes időjárási objektumok gyors, időben történő felfedezését, nyomonkövetését, valamint az észlelések, mérések, megfigyelések adatainak pontos és gyors továbbítását a veszélyjelzést végző szolgálathoz. Legalább ennyire fontos az is, hogy a megfelelő szakmai döntések meghozatala után a figyelmeztetések vagy riasztások ugyancsak a lehető leggyorsabban jussanak el a beavatkozást végző vagy a védekezést elrendelő szervekhez, intézményekhez.

Az Országos Légköri Veszélyjelző Rendszer legkidolgozottabb része a Balatoni Viharjelző Szolgálat, amely 1934 óta működik. A korszerűtlen rakétás riasztásról most térünk át a folyamatos jelzést adó fényjelző rendszerre. Várható, hogy ez a technikai korszerűsítés tovább növeli a Riasztórendszer hatékonyságát.

Előadásomban néhány olyan veszélyes időjárási jelenségre irányítottam a figyelmet, amely fenyegetheti az emberek létbiztonságát, s azokra a módokat, ahogyan a meteorológus enyhíteni tudja az időjárási katasztrófák következményeit. Mint az időjárás tudományának más területén is, a felelősség ebben az esetben is a nemzeti meteorológiai szolgálatok vállán nyugszik, rajtuk múlik, hogy országukban a meteorológusok tudása és hozzáértése maximálisan és előnyösen fel legyen használva a katasztrófa elhárításának tervezésében és az emberi élet biztosításában, amikor kedvezőtlen időjárás várható. Egyetlen nemzeti meteorológiai szolgálat sem tudja feladatát sikeresen ellátni más országokból érkező információ nélkül. A nemzeti meteorológiai szolgálatok között a WMO játssza az összekötő szerepet. Már az előzőekben is kiemeltük a Meteorológiai

Világszervezet egy-egy konkrét feladatát. Számos feladata közül talán az időjárási Világszolgálat fenn tartását (WWW) említhetjük, amely a globális megfigyelőrendszeren, az adatfeldolgozó és a távközlő rendszeren keresztül lehetővé teszi az időjárási adatok gyors kicserélését a Tagállamok között. E rendszeren keresztül nemcsak az azonnal felhasználható időjárási adatokat, hanem az éghajlat tanulmányozásához szükséges klíma-megfigyeléseket is kicserélik.

Az éghajlati katasztrófák által okozott károk csökkentése érdekében hozta létre a WMO az Éghajlati Világprogramot, amelynek céljáról és feladatáról korábban már szóltunk. Csak felsorolásként említem még meg a Környezetvédelmi Programot, a Hidrológiai Programot, a Trópusi Ciklon Projectet, az Alkalmazott Meteorológiai Programot, amelyen belül a tengeri hajózás, a repülés és az agrometeorológia szerepel.

Természetesen a meteorológiának az emberiség létbiztonságában való sikeres alkalmazása nagymértékben függ a meteorológusok képzettségétől. A WMO éppen ezért az Oktatási és Kiképzési Programjában segíti a Tagállamokat a szakmai színvonal emelésében kiképzési anyaggal, regionális kiképző centrumok alapításával és fenntartásával, tanfolyamokkal, konferenciákkal, szemináriumokkal.

A legutolsó, de egyben a legfontosabb WMO program a Kutatási és Fejlesztési Program, amely a Szervezet minden kutatói tevékenységét foglalja magába, amelyet más programja nem tartalmaz. E munkának az értéke azon alapszik, hogy azokat az okokat megértsük, amelyek az időjárással kapcsolatos katasztrófákat okozzák. Pl. az első GARP globális kísérlet, amely 1980-ban fejeződött be lehetővé teszi majd, a trópusi ciklonok előrejelzésének kifejlesztését. További előrehaladás e területen a Trópusi Meteorológia Kutatási Programjától várható, amely a monszun és a szárazság kutatását is magában foglalja a trópusokon. Hosszabb távon talán gyakorlati haszna is lesz az Időjárás módosító Programnak is a csapadékkeltő projecten keresztül.

Dr. Antal Emánuel

A NÖVÉNYÁLLOMÁNY HATÁSA A TALAJ FELMELEGEDÉSÉRE ÉS LEHŰLÉSÉRE

A talajfelszín felmelegedésének legfontosabb tényezője a felszínre érkező napsugárzás. A talaj legfelső néhány mm-es rétegében elnyelt sugárzási energia hővé alakul, nappal vezetés útján a mélyebb rétegekbe jut, és éjszaka ugyancsak vezetés útján szállítódik a felszínhez. E hővezetés veszteséggel jár, és a hő tovaterjedéséhez bizonyos időre van szükség, ezért a felmelegedés és a lehűlés a mélyebb rétegek felé gyengül és késést mutat.

A talajok különböző mértékű felmelegedése függ az albedójuktól és növény-borítottságtól. A hő terjedését a mélyebb rétegek felé a talaj szerkezete, hővezetőképessége és nedvességtartalma befolyásolja. A fenti tényezők közül jelen dolgozat a növényállomány szerepét ismerteti néhány szántóföldi növényállományban végzett párhuzamos mérés alapján.

Az állomány alatti talaj felmelegedését maga az állomány gyengíti, úgy hogy a talajt a közvetlen napsugárzástól leárnyékolja. A felmelegedés mértéke tehát erősen függ a növényzet jellegétől és fejlettségi fokától.

A talaj lehűlését késlelteti a növényzet, ugyanis az állományon belül — a szélvédelem miatt — lassabb a hő elszállítása, mint a szabad területen, s ezért a felszín a levegőnek kevesebb hőt ad le.

„Mikroklímatis különbségek általában a sugárzásnak és a légmozgásnak köszönhetik létüket” — állapította meg Bacsó. A növényállományon belüli sajátos mikroklíma kialakulásának az a különlegessége, hogy maga a növényi test (levél, szár, stb.) tömege is sugárzáselnyelő, sugárzást visszaverő és kibocsátó közegként szerepel.

Az állományon belül a hőmérsékleti viszonyok elsősorban attól függenek, hogy a növény alkata hogyan befolyásolja a napsugarak behatolását. Ha az állomány ritka, akkor a sugárzás az állomány belsejét és a talajt is éri, ebben az esetben a felmelegedés nagyobb lesz, mint az olyan állománynál, amely teljesen zárt tömeget alkot.

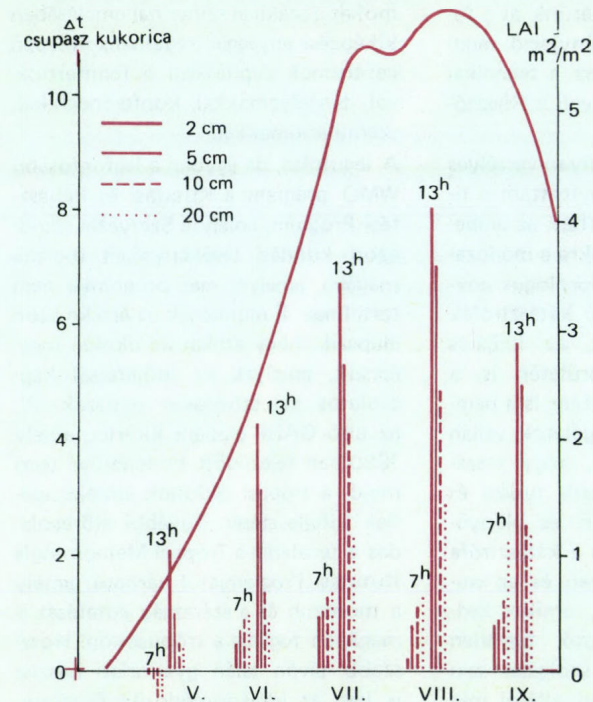
A növényállomány sűrűségétől, a növény habitusától függ, hogy a napsugarak mennyi ideig és milyen szög alatt esnek be. Tehát a talaj hőmérséklete elsősorban a növény sajátosságainak megfelelően alakul. A napsugarak beesési szöge a napszak (évszak) függvénye, a sugárzásáteresztés pedig a levéltömeg szerint változik. Nyilvánvaló tehát, hogy a csupasz és az állomány alatti talaj hőmérséklete közötti eltérés a legnagyobb lesz magas napállás idején (délben).

Az 1. ábra a fent elmondottakat számszerűen is igazolja. Az ábrán a csupasz és a kukoricaállomány alatti talaj napi középhőmérsékletének különbségei szerepelnek a tenyészidőszak egyes hónapjaiban, 13 órakor (folytonos oszlopok) és reggel 7 órakor (szaggatott oszlopok).

A 13 órai talajhőmérséklet-különbségeknek markáns tenyészidőszakbeli menete van, amely szorosan összefügg a levélfelület-index (LAI) alakulásával. Legnagyobbak az eltérések a maximális levélfelület idején. Egy-egy hónapon belül a csupasz és a kukorica alatti talaj hőmérsékletkülönbsége mindig a felszín közelében a legnagyobb, és a mélyebb rétegek felé csökken.

Reggel 7 órakor júniustól szeptemberig a hőmérséklet-különbségek alig változnak. Zárt állomány tehát a kisugárzást azonos módon gátolja. A májusi negatív eltérések azt mutatják, hogy éjszaka, sőt még reggel 7 órakor is melegebb az állomány alatti talaj, mint a csupasz. Ennek oka az, hogy ebben a hónapban napal az állomány talajának felmelegedése — a növényzet alacsony volta miatt — csak kevéssel marad el a szabad területétől, mert az állomány még jól átengedi a napsugarakat, éjszaka viszont már gátolja a kisugárzást, és ezzel mérsékeli a lehűlést.

A felmelegedésben mutatkozó eltérések a csupasz talaj és az állomány talaja között lényegesen nagyobbak a zavar-



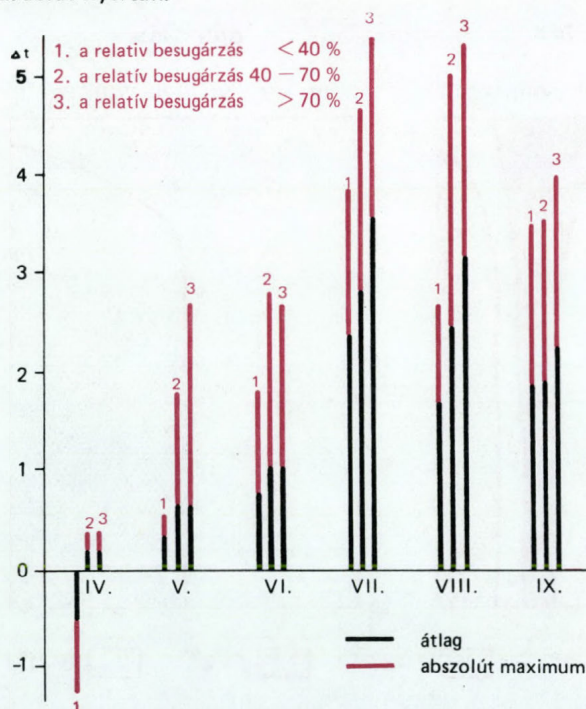
1. ábra:

A csupasz és a kukoricaállomány alatti talaj átlagos napi hőmérsékletének különbségei az egyes hónapokban 13 órakor (folytonos oszlopok 2, 5, 10, 20 cm-ben) és 7 órakor (szaggatott oszlopok 2, 5, 10, 20 cm-ben) és az eltérések kapcsolata a levélfelület — index (LAI) alakulásával (Keszthely, 1974)

talán besugárzású napokon, mint borult időben. A derült, a közepesen felhős és a borult időjárást a relatív sugárzással jellemeztük, és három osztályt különböztettünk meg:

- borult időjárás esetén a relatív sugárzás $< 40\%$,
- változóan felhős időben $40 - 70\%$,
- derült időjárás esetén $> 70\%$.

A csupasz és a kukorica alatti 20 cm-es talajhőmérsékletek napi középértékeinek naponkénti eltéréseit a relatív sugárzás szerint a fenti osztályokba soroltuk, és eredményül a 2. ábrát nyertük.



2. ábra:

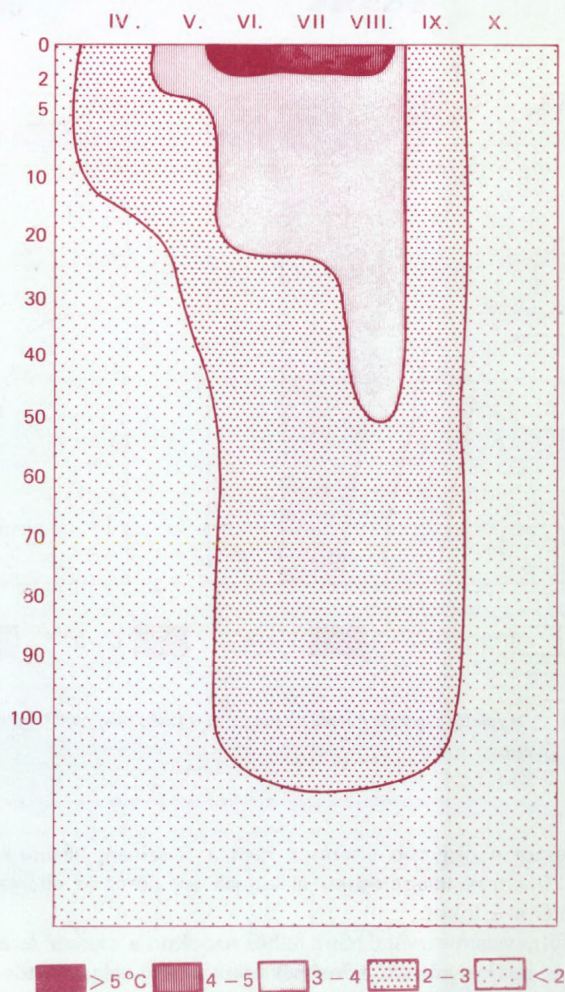
Különböző fokú borultság hatása a csupasz talajon és kukorica-állományban mért 20 cm-es talajhőmérséklet napi átlagos és maximális eltéréseire (Négy mérőhely átlaga)

Az ábrán a fekete oszlopok a naponkénti átlagos, a piros oszlopok a napi középhőmérsékletek maximális eltéréseit mutatják. Borult időben (1. számú oszlopok) mind az átlagos, mind a maximális eltérések kicsik, sőt áprilisban az állomány talaja átlagosan fél fokkal melegebb, mint a csupasz talaj. Derült időben (3. számú oszlopok) az átlagos és a maximális eltérések valamennyi hónapban a legnagyobbak. Változó felhőzetnél a 20 cm-es talajhőmérsékletek különbségei (2. számú oszlopok) az előbbi kettő között foglalnak helyet, nagyságuk általában a derültekéhez közelebb áll. Az eltérések tenyészidőszakbeli menete – az előbbi ábrához hasonlóan – a levélfelület átlagos alakulását tükrözi.

Minél sűrűbb az állomány, annál hűvösebb alatta a talaj a csupasz talajhoz képest. Ezt mutatják a csupasz és a lucernával borított talaj hőmérsékletkülönbségének izopletái a 3. ábrán. Az ábrán jól látható, hogy 5 foknál nagyobb hőmérsékletkülönbségeket csupán júniusban a talajfelszínen mértünk. Júliusban és augusztusban a felszínen az eltérés már csak 4-5 fok közötti. A különbségek tavasszal

és ősz felé haladva, valamint a mélységgel csökkennek, és 150 cm-ben már a nyári hónapokban sem érik el a 2 fokot.

Állomásainkon a talajhőmérők egy része csupasz, másik része füvesített talajban nyert elhelyezést. Összehasonlító vizsgálatoknál, hőháztartási komponensek számításánál (talajhőforgalom) érdeklődésre tarthat számot az, hogy a kétféle módon mért talajhőmérsékletek esetén milyen eltérésekre számíthatunk. Szarvason végzett párhuzamos mérések alapján a 0, 2, 5, 10 és 20 cm-es talajhőmérsékletek



3. ábra:

Lucernával borított és csupasz talaj havi átlagos hőmérsékletkülönbségének változása a tenyészidő folyamán. Szarvas, 1964-1967.

tek havi átlagos különbségeit (csupasz-füves) a relatív sugárzás fent ismertetett osztályai szerint csoportosítottuk. Az így nyert izopletákat a 4. ábrán mutatjuk be.

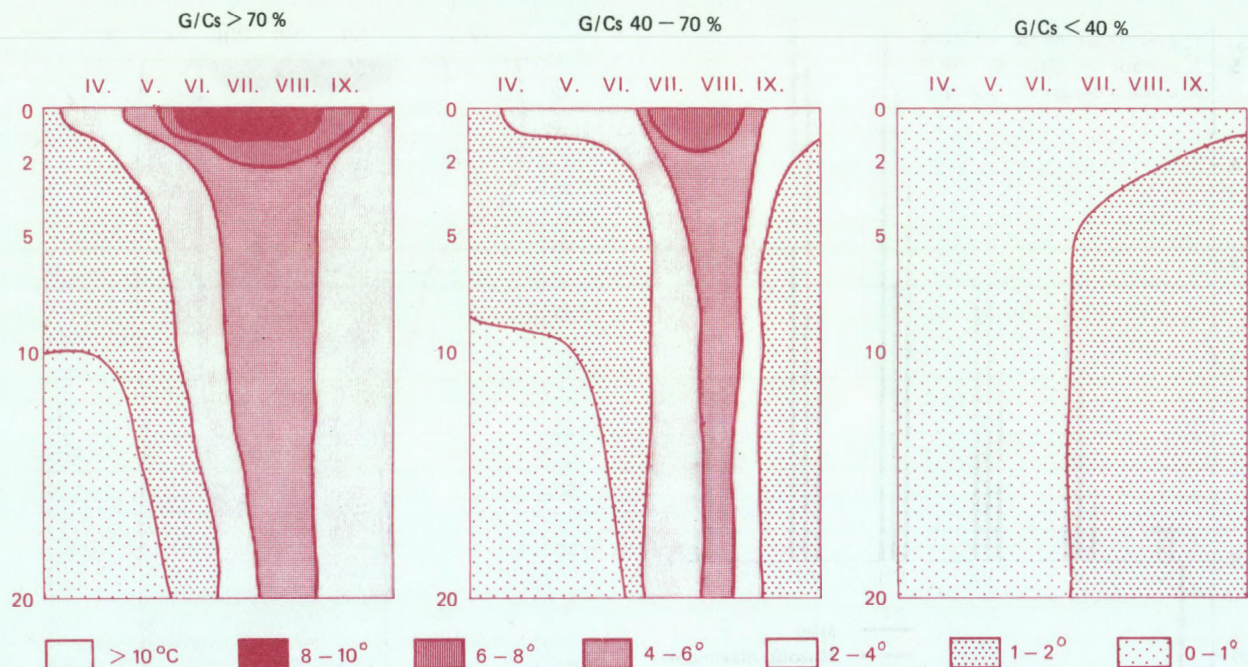
Derült időjárás esetén (G/C_s = relatív sugárzás $> 70\%$) a csupasz és a füves terület hőmérséklete között a legnagyobb a különbség. Ez júliusban és augusztusban a felszínen meghaladhatja a 10 fokot is. A különbségek a mélységgel gyorsan csökkennek, 20 cm-ben már 4 fok körüliek.

Változóan felhős időben csökken a különbség. Ebben az

esetben is júliusban és augusztusban van a maximális eltérés a felszínen: 6 fok körüli, ám a többi hónapban már a felszínen sem éri el a 4 fokot. A különbségek a mélységgel gyorsabban csökkennek, mint a derült napokon.

Borult időjárásakor a csupasz és a füves talaj közötti hőmérsékletkülönbségek elhanyagolhatóan kicsik: a felszín közelében nem érnek el 1 fokot. Érdekes, hogy a nyár második felétől a talaj mélyebb rétegeiből felfelé áramló hő

tés ellen: tavasszal, amikor a különböző mezőgazdasági növények még nem borítják a szántóföldeket, az agrometeorológusnak a vetési időpont helyes megválasztásához a csupasz talajok hőmérsékletének ismerete nélkülözhetetlen. Ezek tehát az érvek és ellenérvek a füvesített vagy csupasz parcellák mellett vagy ellen. Egy azonban bizonyos, sürgősen el kell dönteni, hogy a hálózat melyik mérési módszert kövesse, mert az eltérések amint láttuk igen



4. ábra:

A relatív sugárzás hatása a csupasz és a füves talaj napi hőmérsékletkülönbségének mélység szerinti változására az egyes hónapokban

hatására a nagyobb eltérések nem a felszínen, hanem a 10-20 cm-es talajrétegben alakulnak ki, de ez az eltérés sem ér el 2 fokot.

Derült, valamint változóan felhős napokon a csupasz és a füves talajok közötti hőmérsékletkülönbség elég jelentős. Ezért a jövőben a talajhőmérsékletet mérő állomásokon a felszínt feltétlenül egységessé kell tenni. Megegyezés kérdése, hogy a mérések a jövőben csupasz talajon, vagy füvesített parcellákon follyanak. A füvesített parcellák mellett szól az a tény, hogy hazánk területének legnagyobb részét — éppen a nagyobb eltéréseket mutató nyári hónapokban — növénytakaró borítja. A pázsit mellett szól az állomás esztétikai hatása. A füvesítés ellen is hozhatunk néhány érvet. Ha a fű magassága különböző, ez is eltéréseket okozhat a talajhőmérsékletek menetében, és nehezíti teszi az állomások összehasonlítását. Ez a nehézség a csupasz talajfelszín esetében nem áll fenn. Másik érv a füvesí-

jelentősek lehetnek.

Történtek összehasonlító talajhőmérsékletmérések zöldségkultúrában. Ezeknél a tapasztalatok a következők. Zöldborsó-, szamócaállományban végzett mérések szerint amíg az állomány nem zárt, a talajfelszínt is érik a napsugarak, addig általában az állományok talaja volt a melegebb, a szélnek jobban kitett csupasz talaj hűvösebbnek bizonyult. Amint záródott az állomány, hűvösebb lett az állomány alatti talaj, mint a csupasz.

Végezetül elmondhatjuk, hogy a növényállományok többsége a tenyészidőszak legnagyobb részében a talaj felmelegedését csökkenti, a lehűlését viszont késlelteti. Ez a tenyészidőszakban úgy tűnik kiegyenlíti egymást a talaj hőforgalma szempontjából.

Dr. Dávid Aranka



MATEMATIKUSOK A METEOROLÓGIÁBAN

A természettudományok eszköztárában ősidők óta fontos szerepet játszik a matematika. Időszámításunkelőtt több ezer évvel a kialakuló civilizációk már magas színvonalú geometriai és algebrai módszereket alkalmaztak az építkezésekhez, az árvi-
zek utáni parcellázásokhoz, a csillagászati számításokhoz és így a tengeri hajózáshoz is. Az eltelt évezredek alatt a matematika óriásit fejlődött. Egyrészt önálló tudománygá, a tiszta matematika elméletévé vált, másrészt az alkalmazott matematika apparátusa majdnem minden tudománynak, így a meteorológiának is alapvető eszköze lett. Napjainkban különösen tapasztalható térhódítása a meteorológiában.

Cikkünkben néhány szót kívánunk szólni a matematikai modellekről, kiemelve az alkalmazásukkal kapcsolatos néhány aspektust, majd megemlíjük néhány, a meteorológiával is foglalkozó matematikus érdemeit.

A matematikai modell a meteorológiában

A természetben vizsgált objektumok legtöbbször ropant bonyolultak, számos lényegtelen, az áttekintést zavaró momentumot is tartalmaznak. Ilyenek a légköri rendszerek is. Az objektumok megismeréséhez ilyenkor az objektumot helyettesítő, egyszerűsítő modelleket használnak. A modell a valóságot helyettesítő, annak lényegi tulajdonságait

megfelelőképpen tükröző segédeszköz, amelyen a kitűzött vizsgálatokat elvégezhethetjük. Ez a modell természetesen lehet eszmei is, mint például az igen gyakran használt matematikai modell, vagyis a valóság valamilyen közelítő leírása a matematika formanyelvén. *Galilei* szerint a matematika az a nyelv, amelyen megérthetjük a természetet. Azt írta, hogy „A Természet nagy könyve mindig nyitva áll szemünk előtt, és az igaz bölcsélet van megírva benne... Matematikai nyelven van az írva, jelei háromszögek, körök, ...”.

A valóság és a matematikai modell viszonya körülbelül olyan, mint a földfelszín és a térkép kapcsolata. A térkép a vizsgált terepről csak a lényeges dolgokat tartalmazza, a fontosabb tárgyakat kiemeli, az elhanyagolható részeket elhagyja, és éppen ezzel teszi lehetővé a megfelelő tájékozódást. A matematikai modell is csak a lényegi elemeket tartalmazza.

Egy területről sokféle térkép készülhet (különböző méretarányú, hegy- és vízrajzi, politikai, stb.), amelyek mind ugyanazt a földfelületet ábrázolják különféle célzattal, más és más szempontból. Hasonló a helyzet a matematikai modellel is. Ugyanarra a vizsgálatra használhatunk analitikus eljárásokat (például a numerikus analízisben és a dinamikus meteorológiában) vagy statisztikus módszereket (a klimatológiában, a statisztikus előrejelzésekben),

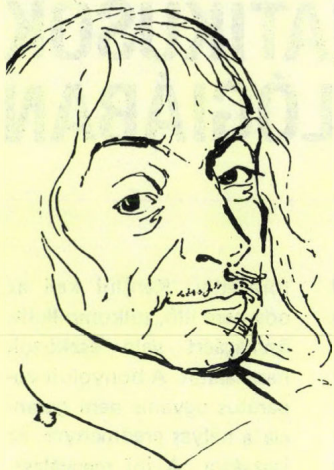
vagy éppenséggel más, ettől eltérőt. Természetesen e módszerek közül azt választjuk, amelyik a kitűzött célnak a legjobban megfelel, a legegyszerűbb, olcsó, gyakorlatilag realizálható és a valósághoz a kívánt módon adekvát, formanyelve érthető stb.

A modellválasztás szempontjainak e korántsem teljes felsorolásából két — az alkalmazások szempontjából fontos — kérdést kívánjuk kiemelni és részletezni.

Az első a *matematika és a valóság viszonya*. (Szeretnénk hangsúlyozni, hogy a matematikai modell nem azonos a valósággal, hanem annak csak közelítő képe, mása. Világos, hogy hiába „tökéletes” a térkép, nem használható megfelelően, ha nem arról a területről készült, ahol vizsgálódunk, vagy nem a szükséges célú és méretarányú. A matematikus és a meteorológus közös felelőssége a feladathoz megfelelő, korrekt modell kiválasztása. A kapott matematikai eredményeket minden esetben a valósággal összevetve ellenőrizni, verifikálni kell, az eredményeket nem szabad fetisizálni. *Einstein* ezzel kapcsolatosan azt mondta, hogy „Amennyiben a matematikai tételek a valóságra vonatkoznak, annyiban bizonytalanok, és amennyiben bizonyosak, annyiban nem vonatkoznak a valóságra”. A másik kérdés a *formanyelv* problémája. A modell kiválasztásakor a legegyszerűbb nyelvezetre, egyszerű matematikai apparátusra kell

törekedni. Kerülni kell az oda nem illő, túlkomplikált, önmagáért való eszközök használatát. A bonyolult apparátus ugyanis nem garancia a helyes eredményre, az igazságra. A jól megválasztott apparátus viszont egyszerűsít, segíti a gondolkodást, a kapcsolatok felderítését. A matematika erőssége a gondolkodás tisztasága, kerüli a kétértelmű fogalmakat, minden megalkuvás nélkül az igazságra törekszik. A matematikától idegen a zavaros, misztikus, a képletek kódéba bújójó fejtegetések használata. Az együttes munkában a matematikus kötelessége a matematikai apparátus ismerete és szakszerű használata, de a nem matematikus szakember is a szükséges mértékig jártas kell hogy legyen abban. Enélkül lehetetlen az együttműködés, a team munka, miként a Babel tornyánál közös nyelv nélkül lehetetlenné vált az együttes munka.

Bár vannak meteorológusok akik nem kedvelik túlságosan a matematikai apparátus használatát, azt gyakran kerülik, azonban mások, számos nemzetközileg jól ismert meteorológus is a matematikai módszerek avatott alkalmazójává és meteorológiai hasznosítójává vált. A matematikusokat is mindig érdekelte a meteorológia, úgy is mint minden természettudományban jártas embert, és úgy is mint a matematikai apparátus potenciális alkalmazási területe. A teljesség minden igénye nélkül emelünk ki közülük hármat.



René Descartes

Aszmusz: Descartes. Gondolat. Budapest. 1958.

Descartesről mint korának más hasonló személyiségéről, nehezen lehet eldönteni azt, hogy mennyiben matematikus, mennyiben fizikus vagy filozófus, esetleg mérnök. E sorok írója – engedjék meg ez a kis szubjektív vélemény – *Descartes*-ot minden idők egyik legnagyobb matematikusának tartja.

René Descartes 1596-ban született Franciaországban, és 1650-ben Svédországban halt meg. Nemesi származása lehetővé tette, hogy tanulmányait kora európai hírnű kollégiumában, a La Flèche-i jezsuita iskolában végezhesse el. Itt nyelveken és a klasszikus műveltségen kívül igen magas szintű matematikai oktatásban részesült; tanult geometriát, aritmetikát, akusztikát és asztrológiát is, mely utóbbiakat akkoriban még a matematika tudományához sorolták. Legjelentősebb eredményeit a matematika terén Hollandiában érte el. Munkássága alapvető az azóta eltelt időszak matematikai fejlődésében.

Mindenekelőtt észrevette, hogy az addig különálló matematikai diszciplínák alapjában véve nem természetesen önállóak, hanem azok

szervezett egységet alkotnak, és egészét az Egyetemleges Matematika elméletével kell kezelni. Kidolgozott egy akkor újszerű algebrai jelölésrendszert, amely lehetővé tette a matematikai fogalmak és műveletek általánosítását. E két alapgondolatra támaszkodva megvilágította, hogy az algebrai mennyiségek kifejezhetők geometriai elemekkel, a geometriai elemek pedig algebrai egyenletekkel. Felfedezte a matematikában rejlő harmóniát és a szépséget is, bár *Descartes* nem ismerte el az élet szolgáltatára alkalmatlan tudás értékét. Ugyanakkor nem értékelt minden gyakorlati tudást sem, csak azt, amely általános szabályokat nyújt, amelyik segítségével a tudomány tökéletesítheti az ember életét és természetét.

1629. március 20-án Rómában ritka természeti tünelemény volt látható. Az igazi Nap mellett még négy melléknapp, úgynevezett parheliosz is feltűnt az égen. Ez a jelenség a kor babonás tömegeiben – az üstököshöz hasonlóan – katasztrófa érzését keltette, e látvány megmagyarázása tehát társadalmilag is fontos volt. *Descartes* azonnal megértette, hogy ez a misztikusnak tűnő esemény egy meteorológiai jelenség, magyarázata a fénytörés területére tartozik, és lényege az, hogy a fénysugarak szokatlan módon törtek meg az atmoszférában. Később vizsgálta a szivárvány okát és színskáláját is. A szivárvány jelenségének magyarázására üveg-gömbök felhasználásával kísérleteket végzett, és kísérleteivel elméleti eredményeit igazolta. Részletesen foglalkozott a viharokkal. Tárgyalta könyvében a „szelek okait”, vizsgálta a hóplehek alakját. Jelentős időt szentelt a jégesők megfigye-

lésének, vizsgálta a jégdarabok nagyságát és alakját, kialakulásuk körülményeit és okait. Az idevonatkozó tanulmányokat tartalmazó „Meteorok” című könyve nagy népszerűséget ért el, sokáig terjesztették, és a kor iskoláinak standard meteorológiai anyagává vált.

E korban nagy port vert fel *Toricelli* híres, ma már jól ismert kísérlete, a higanyos barométer bemutatása. Akkor a jelenség megmagyarázatlan fizikai érdekesség volt. *Descartes* volt az, aki a jelenség okát megfejtette, mondván, hogy a higanyoszlopot a levegő súlya tartja egyensúlyban. Javasolta, hogy végezzék el a mérést egy hegy lábánál és a hegy csúcsán is, és a higanyoszlop változása igazolni fogja érveléseit. Ezt a kísérletet azután a kor másik neves matematikusa (és fizikusa), *Blaise Pascal* végezte el teljes sikerrel, *Descartes* nevének említése nélkül publikálva azt. A meteorológia ilyen széles skáláján végzett tevékenység megérdemelte ezt a kis emlékeztetést.



Neumann János

Smagorinsky (Czelnai): Neumann János tevékenységének meteorológiai vonatkozásai. Időjárás. 79 3. 1975. 189-190

Neumann János 1903. december 28-án született Budapesten. Matematikai tehetségére gimnáziumi taná-

ra, sok neves matematikus és fizikus tanítója, *Rácz László* figyelt fel. Érettségijének letételekor már hivatásos matematikusnak számított. Bár zömmel külföldön tanult, itthon *Fejér Lipótnál* doktorált. 1927-től kezdve lényegében külföldön dolgozott, számos egyetem, kutatólaboratórium fényét emelve. A matematika számos területén ért el kiemelkedő eredményeket, és teremtett teljesen új ágakat. Őt tekintik az elektronikus számítógép egyik atyjának is. Bámulusos tehetségével ámulatba ejtette kortársait.

Neumann János meteorológiai érdeklődésének – úgy tűnik – kettős gyökere volt. Az egyik az az érdeklődés, ami a harmincas években a hidrodinamika felé és a parciális differenciál-egyenletek irányába terelték a figyelmét. A másik, ezt követően már az Amerikai Egyesült Államokban, az ENIAC „nagysebességű” számítógép körüli munkája. Ekkor úgy vélték, hogy az elektronikus számítógép lehetővé teszi majd több fontos nem-lineáris differenciálegyenlet, és ezzel a hidrodinamika számos problémájának a numerikus megoldását. *Neumann Jánost* érdekelt minden olyan feladat, ami az elektronikus számítógépet a tudomány és a gyakorlati alkalmazás számára hasznossá teszi. A meteorológia különösen felkeltette figyelmét. 1948-ban a princetoni Institute for Advanced Study keretében, amely intézet a nagysebességű elektronikus számítógépekkel is foglalkozott, létrehozta a meteorológiai csoportot, az azóta itthon is jól ismert *J.G. Charney* vezetésével. Az 1948 és 1955 közötti időszakban az ő irányításával alkották meg a numerikus időjárás-előrejelzés alapjait.

E munkáról számol be – a témakör bázis dolgozata –: *Charney, J., R. Fjortoft és J. von Neumann: Numerical Integration of the barotropic Vorticity Equation. Tellus, 2: 237-254 (1950).* Jelentős érdemei vannak a klímadinamika elméletének a kialakításában is. [I. von Neumann: Some remarks on the problem of forecasting climatic fluctuations. (lásd a tiszteletének szentelt *Dynamics of Climate*. Pergamon Press. (1955.) kiadványt)].

Smagorinsky írja egyik ismertetése befejezéséként: „Ami azóta történt, az Neumann János éleslátásának fényes bizonyítéka. A meteorológiai tudomány pedig büszke és hálás, hogy *Neumann János* érdeklődésében részesülhetett”. *Smagorinsky* pedig tudja.

Neumann János súlyos betegség következtében, fiatalon, 1957. február 8-án hunyt el.



Jordan Károly

Aujeszký: Jordan Károly emlékezete. *Időjárás* 1960. 64. 1. 61-63.

Jordan Károly 1871. december 16-án született Pesten. Külföldi tanulmányai során szerzett vegyészmérnöki oklevelet és fizikusi diplomát. 1898-ban tért vissza Budapestre. 1906 és 1913 között a Földrendési Számoló Intézetet vezette. Érdeklődése

hamar a valószínűségszámítás és a matematikai statisztika, valamint a véges differenciák módszere felé fordult. Nagyobb művei a sok nyelvre lefordított „*Matematikai Statisztika*” (Budapest, 1927) és az 1939-ben franciául megjelent „*Véges differenciák módszere*” című könyve, amelyet a második világháború után az Egyesült Államokban újra kiadtak. Számos egyéb munkát is készített a kémia, matematika és a meteorológia tárgyköreiben.

Meteorológiából már 1904-ben cikket írt a „*Valószínűségszámítás alkalmazása meteorológiai viszonyainkra*” címmel (*Atmosfera – Időjárás*, 8, 41-48, 1904), amelyet azután, bár több éves kihagyással, sok másik követte. 1937-ben ugyancsak az *Időjárásban* írt egy cikket „*A korreláció számítás alkalmazása a meteorológiában*” címmel. E cikktől számítható a korrelációs számítás elterjedése a magyar meteorológia tudományában. 1941-ben *Róna Zsigmond*-dal együtt e módszert alkalmazták a hőmérséklet és a légnyomás közötti kapcsolat elemzésére. Az erről a közös kutatásról szóló beszámoló *Róna Zsigmond* halála után jelent meg az *Időjárásban*. *Jordan Károly* foglalkozott a légköri elemek sorozatában mutatkozó periodicitás kérdésével is. (*Időjárás*, 53 226-231. 1949). Részt vett olyan elvi problémák megvitatásában, mint az éghajlat fogalma, és erről publikációi is jelentek meg. *Jordan Károlyt* a meteorológia mélyen érdekelte, és a meteorológia életében aktívan tevékenykedett. 1925-ben részt vett a Magyar Meteorológiai Társaság megalapításában, és annak évenkénti keresztül levelező tagja. Ő volt a Magyar Tudományos Akadémia meteorológiai

főbizottságának az első elnöke. 1959. december 24-én bekövetkezett haláláig a matematika és a meteorológia magyarországi tudományos összekötője, e két tudomány együttműködésének hivatott képviselője volt. A jelenkor nagy matematikusai között is nagy számban találunk meteorológiai eredményekkel rendelkezőket. Így például a Szovjetunióban *A.N. Kolmogorov*, *A.M. Jaglom* és mások, az Egyesült Államokban pedig *J. Neyman*, *U. Grenander* a matematika jól ismert nagyjainak számítanak, de több meteorológiai dolgozatuk is

igen jelentős. Az elektronikus számítógépek, a nagy, rendezett adatbázisok, a matematikailag is érdekes fontos meteorológiai feladatok most is vonzzák a meteorológiához a matematikusokat. Erről tanuskodnak a fejlett meteorológiai szolgálatok team-jeiben dolgozó matematikusok, a publikációkban található kutatási eredmények és a meteorológiai gyakorlatban fellelhető matematikai alkalmazások. De ez már egy másik cikk témája lehetne.

Gulyás Ottó

OLVASTUK...

Repülés engedély nélkül = kalandos két óra

Közlekedési bírságot köteles fizetni az az amerikai teherautósofőr, aki 1982 júliusában egy kerti székre kötött 42 meteorológiai léggömb segítségével emelkedett a magasba, egészen ötezer méterig. Az ott uralkodó hideg áramlatok azonban menekülésre kényszerítették: pisztollyal szétlőtt néhány ballont, s így lassan visszaeszkedett a Földre. A 33 éves Larry Walters eredetileg a kaliforniai Long Beachből a 480 kilométerre fekvő Mojave sivatagba szeretett volna eljutni. A széljárás azonban kedvezőtlen volt, és a széken ülő fiatalember kétórás repülés után alig néhány kilométerrel kiindulási helyétől, egy villanyvezetéken landolt, és rövidzárlatot okozott.

Az amerikai légiközlekedési hatóságok vádja szerint a fiatalember a repülő székre nem kért forgalmi engedélyt, veszélyeztette a légiközlekedés biztonságát, valamint repülése során nem állt rádiókapcsolatban Long Beach repülőterének forgalomirányító központjával...

LÉGI KÖZLEKEDÉS 1983. július 4.

Amerikai-Szovjet Klímakutatási Egyezmény aláírása

Az Egyesült Államok és a Szovjetunió között az éghajlatkutatás terén tovább folytatódó tudományos együttműködés 1985-re szóló jegyzőkönyvét február 5-én írták alá. Az ezévre tervezett program része az amerikai-szovjet környezetvédelmi együttműködésnek. A megállapodás jegyzőkönyvét amerikai részről Dr. Alan D. Hecht, a NOAA Országos Éghajlati Programiroda igazgatója, szovjet részről pedig Dr. Victor G. Boldirev, az Analízis és Előrejelző Központ igazgatója írta alá. A megállapodás a két nagyhatalom között tizedik éve folyó együttműködést szabályozza.

A munkaprogram 1985-re közös értekezletek rendezését, továbbá szakértők cseréjét irányozza elő, különösen a klíma-modellezés, a paleoklimatológia (= a Föld régmúltbeli éghajlatának kutatásával foglalkozó tudomány), a naptevékenység változékonysága, valamint légköri gázok és aeroszolok nyomonkövetése terén.

WCP (Éghajlati Világprogram) Newsletter, 1985. márc.

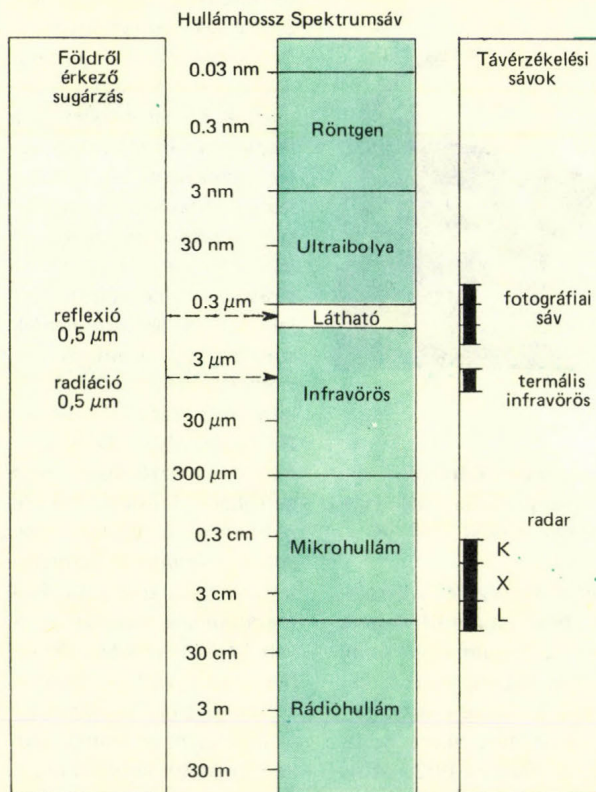
A műholdas távérzékelés és alkalmazása növénykultúrák vizsgálatára

Az első mesterséges hold, a szovjet *Szputnyik 1.* felbocsátása minőségi változás beköszöntét jelezte a Föld megfigyelésében. Ezzel elvileg lehetővé vált a felszín nagy térségeinek egyidejű, objektív vizsgálata. Az első értékelt kozmikus felvételt *German Tyitov* készítette a *Vosztok-2* űrhajó fedélzetéről 1961 augusztusában. Ugyanezen év szeptemberében az amerikaiak színes felvételeket csináltak a Földről. A mesterséges holdak érzékelőberendezései is ugrásszerűen fejlődtek: az Egyesült Államok kísérleti műholdcsaládjának, a *TIROS* sorozatnak 1960-ban felbocsátott első tagja már televíziós képet továbbított a Földre. A műholdcsalád további tagjai egyre tökéletesebb sugázmérőkkel rendelkeztek. A *NIMBUS* amerikai gyártmányú meteorológiai műholdcsalád nagyfelbontású infravörös érzékelő berendezése révén már éjszakai észlelésre is alkalmas volt. Rendkívül kiterjedt az amerikai *LANDSAT* műhold-sorozat felhasználási területe. Ezeket a holdakat a televíziós leképező rendszer mellett *multispektrális pásztázó* (MSS) és *tematikus térképező* (TM) berendezéssel is felszerelték. Az amerikai rendszerhez hasonlóan fejlődött a szovjet *KOZMOSZ* műholdszéria is.

Napjainkra széleskörűvé vált a műholdak alkalmazási köre: távközlési, katonai, meteorológiai feladatok ellátásán kívül alkalmasak természeti erőforrások kutatására, ásványi kincsek lelőhelyeinek felfedezésére, tengeri jégtáblák, jég-hegyek megfigyelésére, árvizek, erdőtüzek, sőt még felszín alatti széntüzek észlelésére is. Emellett hasznos adatokat szolgáltatnak a földrengések, földcsuszamlások és vulkán-kitörések előrejelzéséhez.

A műholdas megfigyelési és méréstechnikának az egyik legdinamikusabban fejlődő alkalmazási területe a mezőgazdaság. A fejlett űrtechnikával rendelkező országokban – mint például az USA-ban, Szovjetunióban, Kanadában, Franciaországban, Japánban – már hosszabb ideje sokrétű vizsgálatokat folytatnak a műholdtechnika mezőgazdasági alkalmazása céljából, mivel a jelenlegi eszközökkel is lehetséges már a termésbecslés, a növényfejltség meghatározása, a növényi betegségek, rovarkártevők korai felismerése, a hő- és vízháztartás mérése, az evapotranspiráció megfigyelése, a vetésterület meghatározása, a fenofázisok dinamikus és operatív értékelése, a talajállapot, a talajhőmérséklet, a humusztartalom és a hőkapacitás mérése és még nagyszámú egyéb feladat megoldása. Ezeket az alkalmazásokat az motiválta, hogy a talajra és a növényzetre vonatkozó előrejelzések esetén ismerni kell a talaj, illetve a növényzet pillanatnyi állapotát, hogy a meteorológiai adatok segítségével előrejelezhető legyen a változás üteme. A növény-takaró állapotának és fejlődésének figyelemmel kísérése

fontos a mezőgazdasági munkák ütemezése szempontjából is, és a növény fejlettségének ismeretében becslést tehetünk a termés várható mennyiségére és minőségére. Az állandó és részletes megfigyelés, a rendszeres állapotfelmérés rengeteg emberi munkaerőt követel. Az ember által végzett megfigyelés ugyanakkor pontszerű és bizonyos mértékig szubjektív, viszont nagyüzemi méretekben törekedni kell egy területileg integrált, objektív mérési eljárás megteremtésére. Ezen igény kielégítéséhez a műhold-technika és a távérzékelés segítségével lehet nagy térségről gyorsan reprezentatív adatbázishoz jutni. Lényegét tekintve a távérzékelés információszerzés egy objektumról olyan módon, hogy vele közvetlen kapcsolatba nem lépünk, azaz a megfigyelendő objektum és a megfigyelő berendezés között elektromágneses (vagy egyéb, pl. akusztikus) rezgés létesít kapcsolatot. Az alkalmazott elektromágneses hullámok tartománya az ultrabolya, a látható és az infravörös, valamint a rádióhullámok spektrumát foglalja magába. Az 1. ábrán láthatjuk az *elektromágneses*



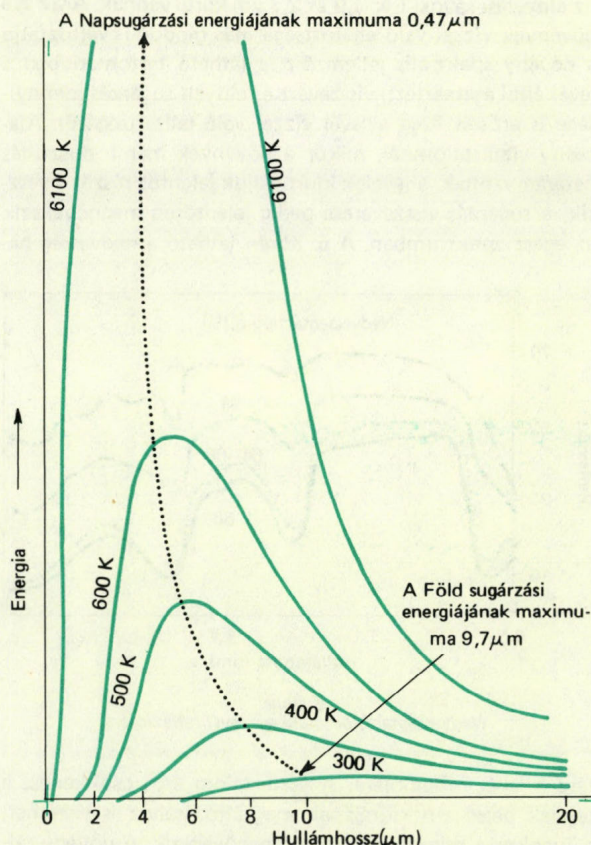
1. ábra: Az elektromágneses spektrum és a távérzékelésben alkalmazott sávok.

spektrum felosztását. A látható tartomány (0,4-0,7 μm) a spektrumnak csak egy roppant keskeny része. A távérzékelésben leggyakrabban felhasznált tartományok elsősorban ezt a keskeny sávot és környékét fedik le, de fontos még az úgynevezett „termális infra” sugárzás, és a radar-technikában alkalmazott cm-es nagyságrendű hullámok sávja.

A távérzékelésnek két alapvető módszere különböztethető meg: az aktív és passzív távérzékelés. Aktív távérzékelés esetén a mérőberendezés bocsát ki jeleket (a számunkra fontos esetekben elektromágneses hullámokat) és a vizsgált objektum tulajdonságaira a visszaverődő sugárzás alapján lehet következtetni. Ilyen mérőeszköz például a radar. Passzív távérzékelésről akkor beszélünk, amikor a vizsgálat arra terjed ki, hogy milyen egy tőlünk független sugárzás és a vizsgált objektum kapcsolata. Ez a sugárzás lehet például az illető objektum saját, úgynevezett hőmérsékleti sugárzása, a tárgy által visszavert napsugárzás, stb. Passzív távérzékelést általában műholdak, repülőgépek fedélzetén elhelyezett érzékelőkkel végeznek, és az adatokat foto-eljárásokkal rögzítik vagy elektronikus adathordozóra viszik.

A sugárzás útja a légkörben

Mint korábban már említettük, minden objektum hőmérsékletétől függő, úgynevezett hőmérsékleti sugárzást bo-



2. ábra: Az energia spektrális eloszlása különböző hőmérsékletű objektumok esetén

csát ki. E sugárzás spektrális eloszlását, az ún. spektrális radianciát adott T hőmérsékletre a Planck-törvény írja le:

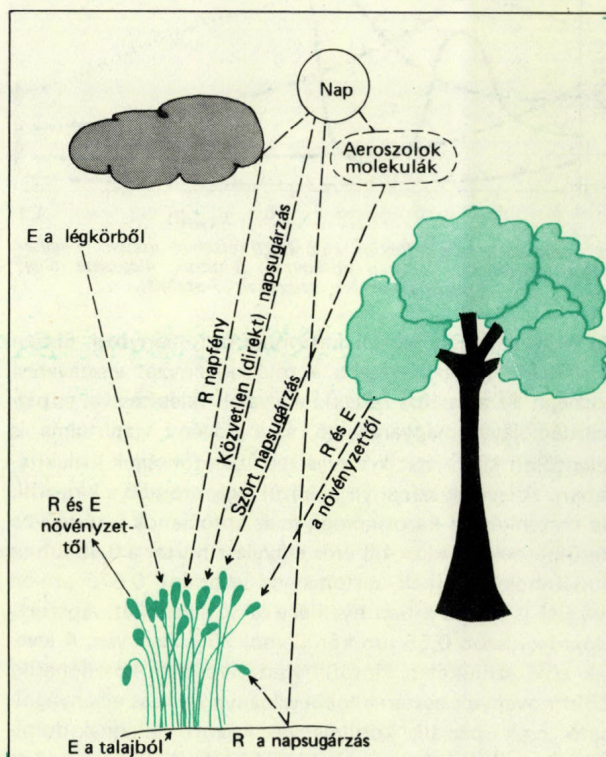
$$B_{\lambda}(T) = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{\exp\left(\frac{hc}{\lambda kT}\right) - 1},$$

ahol a h a Planck állandó, c a fénysebesség és λ a hullámhossz jelölése. A sugárzási energia spektrális eloszlását különböző hőmérsékletek esetén a 2. ábrán láthatjuk. Jól össze lehet hasonlítani, hogy a megközelítőleg 6100 K felszínhőmérsékletű Nap sugárzása mennyivel intenzívebb, mint például a jóval alacsonyabb hőmérsékletű Föld sugárzása. (A napsugárzást jellemző görbének csak egy része fért rá az ábrára.) Az is megfigyelhető, hogy a görbéknek jól meghatározott maximuma van. Azt a hullámhosszat, ahol adott hőmérsékletű test maximális energiával sugároz, a Wien-féle eltolódási törvény határozza meg:

$$\lambda_{\max} = \frac{2880}{T} [\mu\text{m}].$$

A képletből kiszámítható, hogy a 6100 K hőmérsékleten sugárzó Nap a maximális energiát 0,47 μm -en bocsátja ki, míg a 15 °C (288 K) átlaghőmérsékletű Föld hőmérsékleti sugárzásának maximuma 10 μm körül van.

Látható, hogy a Nap sugárzása, lévén nagyságrendekkel nagyobb, mint a Föld által kibocsátott sugárzás, alkalmasabb lesz távérzékelési célokra. A műholdak fedélzetén elhelyezett, és a Földre irányított érzékelők elsősorban a Nap által kibocsátott és a Föld által visszavert sugárzást fogják fel. A 3. ábra mutatja az energia változásait, átala-

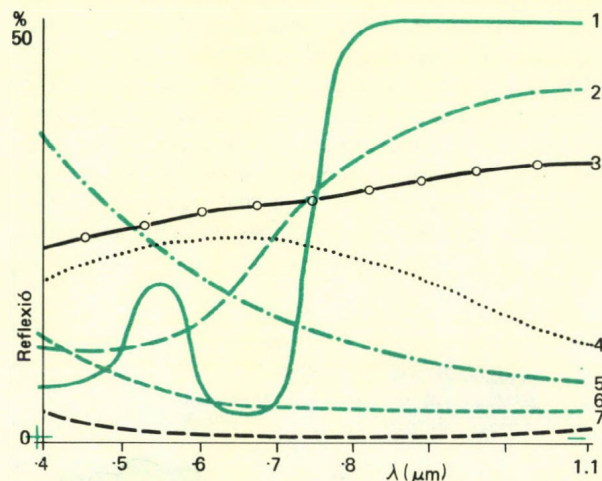


3. ábra: Energiacsere a természetben: R-reflektált sugárzás, E-emittált sugárzás

kulásait a felszínen, természetes környezetben. A napsugárzást a különböző felszínnek elnyelik (abszorpció), átengedik (transzmisszió), visszaverik (reflexió), és maguk is kibocsátanak sugárzást (emisszió). Ezek a hatások az atomi, molekuláris szinteken végbemenő abszorpciónak és szórásnak tulajdoníthatók. Az említett fizikai folyamatok összhatásából adódó reflektált és emittált sugárzás mérhető a távérzékelési detektorokkal. (Megjegyzendő, hogy a levegő molekulái és a légkörben lebegő egyéb részecskék, az ún. *aeroszok* is befolyásolják a sugárzást.)

A növényzet spektrális tulajdonságai

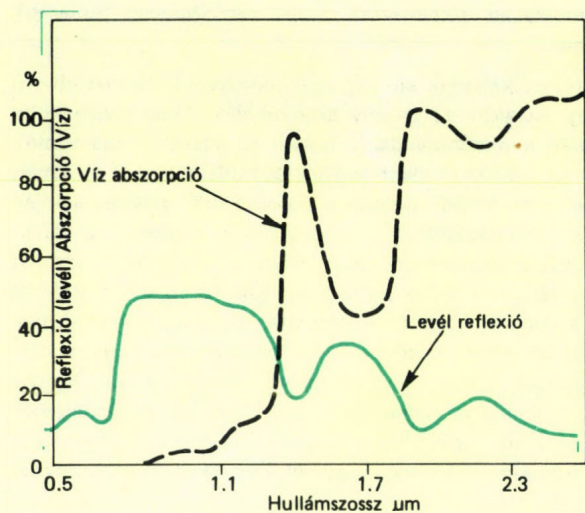
Mint az emberre az aláírás, ugyanúgy jellemző az egyes objektumokra a hullámhossz függvényében mutatott spektrális karakterisztikájuk. A különböző tárgyak különböző külső feltételek mellett eltérő spektrális jellemzőket mutatnak. Úgynevezett multispektrális légi vagy űrfelvétel – ahol ugyanarról az objektumról a színek több tartományában készül felvétel – jól elkülöníthetők a hegyek, folyók, növényzet, pusztaságok, mesterséges létesítmények. A 4. ábra mutatja néhány felszín spektrális reflexió-



4. ábra: Spektrális reflexiók különböző felszínek esetén. (1-egyszésges növényzet, 2-beteg növényzet, 3-beton, 4-csupasz talaj, 5-szennyezett víz, 6-tiszta víz, 7-aszfalt).

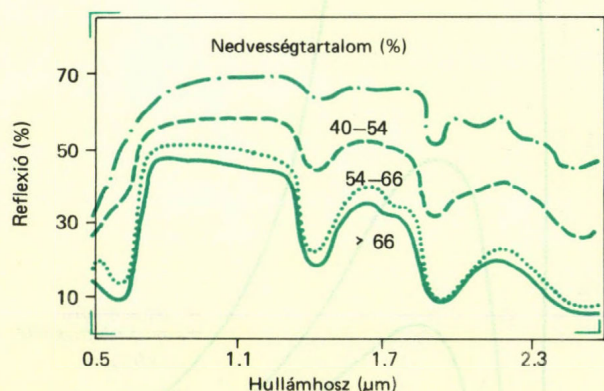
ját a látható és a közeli infravörös tartományban. Ebben a sávban legjellegzetesebb a zöld növényzet visszaverési görbéje. Ez a sajátos reflexió a levelek felépítésével és pigmentációjával magyarázható, és a növény víztartalma is jelentősen közrejátszik a sugárzási tulajdonságok kialakításában. A levelek színyanyagai közül legfontosabb a klorofill, de esetenként a karotinoidok és az antocianok is túlsúlyba kerülhetnek. A klorofill erős elnyelést mutat a 0,45 μm -es hullámhosszon (kék tartomány), valamint 0,675 μm -en (vörös) is 70-90 %-ban nyeli el a ráeső sugarakat. Abszorpciója legkisebb 0,55 μm körül, ahol 20 % alatt van. A levelek zöld színüket a klorofill visszaverésének köszönhetik. Zöld növények esetén a többi színyanyag hatása elhanyagolható, csak speciális körülmények között válhatnak dominánssá (például ősszel, lombhulláskor). A 0,7-1,3 μm -es hullámhossztartományban a levelek sugárzási tulajdonságai a levelek belső struktúrájától, felépítésétől függenek. (Ez

a hullámhossztartomány már a látható tartományon kívül esik, a közeli infrasarkanakhoz tartozik.) 1,2 μm felett egyre inkább a levelekben levő víz sugárzási hatásai dominálnak, miként az 5. ábra mutatja. Az ábráról leolvasható, hogy



5. ábra: Levél reflexiója és víz abszorpciója a hullámhossz függvényében.

a levél reflexiója és a víz abszorpciója között fordított arányosságú kapcsolat van: ahol a víz sugárzás elnyelése maximális, ott a levél által visszavert sugárzás minimális. Ezek az elnyelési sávok 1,4; 1,9 és 2,7 μm körül vannak. A víz és a növények vízzel való ellátottsága más módon is változtatja a növény spektrális jellemzőit: a látható tartományban a levél által áteresztett, visszavert és elnyelt sugárzás mennyisége is erősen függ a levél vízzel való telítettségétől. Alacsony víztartalomnál, mikor a növények már a pusztulás határán vannak, a levelek klorofilljuk jelentős részét elvesztik, a sugárzás visszaverése pedig jelentősen megnövekszik az egész spektrumban. A 6. ábrán látható a nedvesség ha-



6. ábra: Nedvességtartalom hatása a levél reflexiójára.

tása a levél reflexiójára. A víztartalom erős csökkenése a levelek belső struktúrájának megváltozásához is vezethet, s ilyenkor a reflexió is erősen megnövekszik. A növény reflexióját befolyásolják még egyéb tényezők is, mint például a levelek állása vagy a napmagasság.

Ritkán találkozhatunk olyan növénytakaróval, amely teljesen zárt lenne, s ne látszana ki többé-kevésbé a talaj. Ilyen esetekben a növényállomány felett végzett sugárzás-mérést befolyásolja a talaj hatása is. A talaj reflexiója ismét sok összetevőtől függ: a nedvességtartalomtól, a szerves és ásványi anyagoktól, érdességi karakterisztikáktól. 0,4 és 2 μm közt a száraz talaj reflexiója nő. A sima talaj visszaverőképessége magasabb, mint egy laza, omlós talajé. Ha a talaj megázik, nedvességtartalma megnő, és ezért nő az elnyelés is. Sötét talajoknál a növényzet és a talaj visszaverési különbsége az infravörös tartományban jelentős, míg világos talaj esetén ez az eltérés jellemzőbb a látható tartományban.

Az eddig említett alapvető ismeretek birtokában kísérletet tehetünk a növényzet felismerésére és egyes tulajdonságainak meghatározására, pusztán spektrális reflexiója alapján. Műholdról történő megfigyelés esetén nem használható egyformán minden jellegzetes hullámhossz. A klorofill 0,45 μm -es (kék) elnyelési sávját például nem, vagy csak nagyon pontatlanul lehet a mérésekhez felhasználni, mivel a légköri szórás a rövid hullámhosszú elektromágneses hullámokra a legnagyobb. A növényzet megfigyelésére leggyakrabban a zöld, a vörös és az infravörös sávokat használják fel. A biotomassza változás és a növény fiziológiai állapotának megfigyelésére igen hatékony és gyakran alkalmazott az infravörös és vörös sávban mért reflexiók lineáris kombinációja és hányadosa. Az *infravörös / vörös* hányados a vizsgálatok szerint a levelek szögétől is függ, s meglehetősen érzékeny jelző a növénynek. Alkalmazták már biotomassza meghatározásra, levélfelület-index becslésre. A *vörös/zöld* arány jelzi a növénytakaró zártságát. A spektrális reflexióból képzett (*zöld X infravörös*) / *vörös* kifejezés a tapasztalatok szerint jó indikátora a biotomasszának, mivel már nem érzékeny a levelek állására, független a napmagasságtól, de függ a talajnedvességtől. Az eddigi kutatások a vegetáció egyik legreprezentatívabb jelzőjének az

$$\frac{\text{infravörös} - \text{zöld}}{\text{infravörös} + \text{zöld}}$$

hányadost találták. Ez az index függ a növénytakaró struktúrájától, a levélfelület-index változásától. Alkalmos a növény fejlődésének figyelemmel kísérésére, állapotának meghatározására.

A LANDSAT műholdak alkalmazása növényzet megfigyelésére

A LANDSAT műholdsorozat a természet megfigyelésében, az erőforráskutatásban és a növényzet vizsgálatában széleskörűen alkalmazható segédeszköz. Az első LANDSAT műholdat (akkor még ERTS 1. néven) az Amerikai Űrhajózási Hivatal (NASA) 1972-ben bocsátotta fel, és a hold 1976-ig szolgáltatott adatokat. Azóta a jól bevált rendszernek már az ötödik tagja kering a Föld körül. A LANDSAT műholdak pályamagassága mintegy 900 km. A Föld napsütötte oldalán az Egyenlítőt mindig ugyanabban a helyi időben metszik 9.30 és 10.00 közt. A műhold egy nap alatt 14 for-

dulatot tesz meg, s pályája olyan, hogy 18 naponként halad át ismételten ugyanazon földi pont felett. A LANDSAT műholdak egyik érzékelőrendszere a *többsávós pásztázó rendszere* (MSS), amelynek adatait alkalmazzák leggyakrabban a növényzet megfigyelésére. Az MSS rendszer sávjai magukba foglalják azokat a spektrumtartományokat, amelyek a legjellemzőbbek a növényzetre (lásd 1. táblázat).

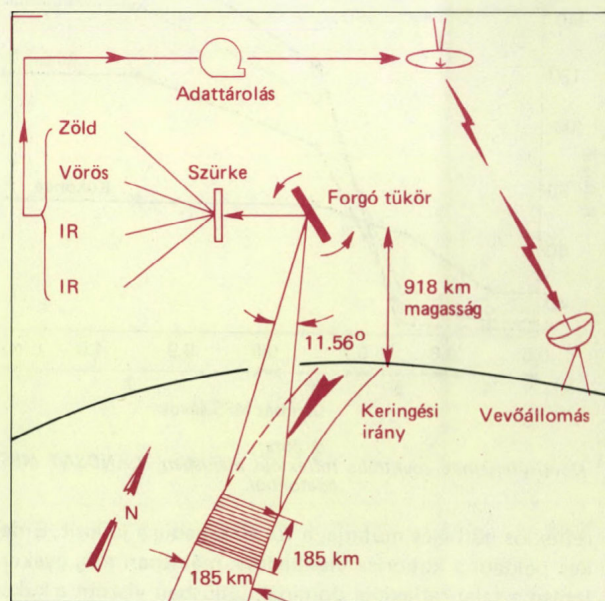
1. táblázat:

A növényzet megfigyelésére alkalmas MSS rendszer sávok és spektrumtartományuk

sáv sorszáma	hullámhossz (μm)	szín
4	0,5 – 0,6	zöld
5	0,6 – 0,7	vörös
6	0,7 – 0,8	közeli infravörös
7	0,8 – 1,1	közeli infravörös

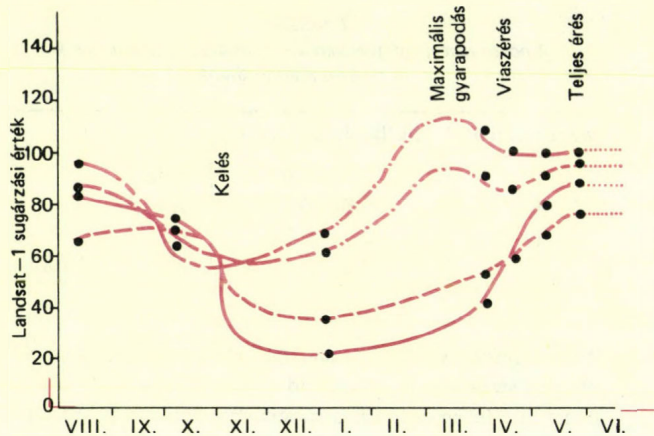
Az infravörös sávok önmagukban alkalmazva nagyon jók például vízfelület és szárazföld elkülönítésére, az 5. sávban pedig jól felismerhetők a mesterséges létesítmények és a zöld növényzet. A 0,5 – 0,6 μm közötti hullámhosszú nap-sugárzás behatol a sekély vizekbe, s a visszaverődő sugárzásból a víz tisztaságára következtethetünk.

Ezeknek az alkalmazásoknak előfeltétele az, hogy a hold érzékelője nagyfelbontású legyen. Ez megvalósul a LANDSAT műholdak esetén, mivel a képelemek 56 x 79 m-es területet reprezentálnak. Összehasonlításképpen megjegyezzük, hogy meteorológiai célú műholdaknál a képelemek km x km-es nagyságrendű területek. A LANDSAT MSS leképezési rendszerét a 7. ábra mutatja. A hold egy 185 km széles sávról gyűjt információt úgy, hogy haladás közben soronként tapogatja le a területet egy forgó tükör segítségével, majd kisugározza a mért értéket a földi vevőállomásnak. A földi feldolgozórendszer a folyamatosan



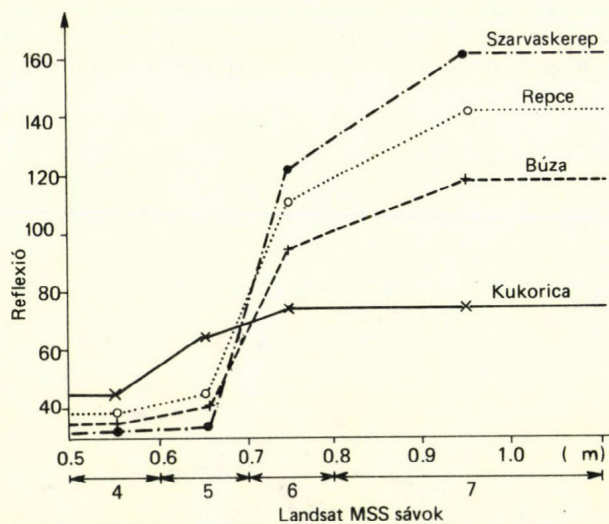
7. ábra: A LANDSAT műholdak többsávós pásztázó rendszere (IR – infravörös).

sugárzott adást szétbontja, úgy hogy 185 x 185 km területet fedjenek le a képek. A felhasználók ezeket a digitális, számítógépes feldolgozásra alkalmas képet vehetik meg. Külföldi és hazai vizsgálatok egyaránt igazolták a műholdfelvételek alkalmazhatóságát a növényzet megfigyelésében. A 8. ábrán láthatjuk az őszi búza spektrális reflexióját a



8. ábra:
LANDSAT MSS sávokban mért intenzitás értékek az őszi búza különböző fenológiai fázisaiban.

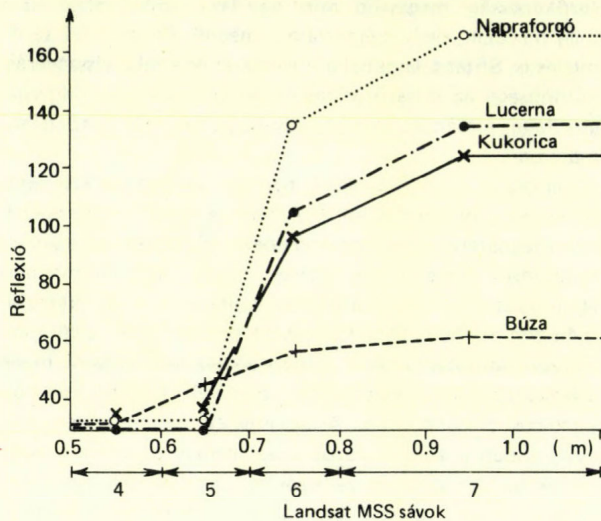
vetéstől az aratásig terjedő időszakban LANDSAT MSS sávok intenzitásértékei szerint. Szembetűnő az infravörös sugárzás növekvő reflexiója a fejlődés során, majd csökkenése éréskor. A növényzet évszakos változása megfigyelhető a 9. és 10. ábrán is. A 9. ábra néhány növény májusi



9. ábra:
Növényfelszínek spektrális reflexiója májusban, LANDSAT MSS adatokból.

reflexiós görbét mutatja, a 10. ábra pedig a júliust. Érdekes például a kukorica viselkedése: májusban még gyakorlatilag a talaj reflexiója dominál, júliusban viszont a kukoricaföld már a zöld növényzetre jellemző spektrumot mutatja. Ugyanakkor júliusban a búza jellemzői változnak

meg, az érés miatt. Az utóbbi három ábra bizonyítja, hogy műholdfelvételekkel is meghatározhatók a jellegzetes növényi reflexiók, felismerhetők a különbségek az egyes növények közt. Ennek eredményeképpen az említett reflexiós összefüggések felhasználhatók a műholdas mérések értelmezésére. Az infravörös/vörös reflexiókra alapuló el-



10. ábra:
Növényfelszínek spektrális reflexiója júliusban, LANDSAT MSS adatokból.

járás szerint vizsgálták a MSS7 és MSS5 sáv hányadosát. Azt tapasztalták, hogy ez az arány adott növényre az idő függvényében változik, maximumát a legnagyobb gyarapodás idején éri el. A növényzet száradásával a hányados értéke is csökken. Ez a hányados azonban függ a napmagasságtól és a talaj hatásától is. Ezen hatások kiküszöbölésére alkották meg az úgynevezett vegetációs indexet:

$$VI = \frac{MSS7 + MSS5}{MSS7 - MSS5}$$

A tapasztalatok szerint szoros kapcsolat van a növényi biomassza és a VI között. Követni lehet vele a növény fejlődését, a talajfedettség változásait és a levélfelület növekedését. Alkalmazható a vegetációs index a búza termésének értékelésére és a vetésterület meghatározására, segítséget nyújthat a fenológiai fázisok elkülönítéséhez. Alkalmas lombos erdők megfigyelésére is.

Ebben a dolgozatban csupán töredékét tudtuk bemutatni a műholdtechnika mezőgazdasági alkalmazási lehetőségeinek. A technika fejlődése és a tudományos kutatás napról napra új eredményekkel jelentkezik ezen a területen. LANDSAT felvételek feldolgozása Szolgáltatunknál is folyik. Ennek eredményeit egy következő cikkünkben mutatjuk be.

Sipos Győző

AZ ASZÁLY A DÉL-ALFÖLDÖN ÉS A FŐBB MEZŐGAZDASÁGI KULTÚRÁK TERMÉSEREDMÉNYEI

A mezőgazdasági termelés szempontjából döntő fontosságú a tenyészidőszakban lehullott csapadékmennyiség, s ezzel kapcsolatban a felszíni talajrétegek vízháztartásának alakulása. Miután legtöbb természetű növényünk gyökértömegének zöme a felső 1 méteres talajrétegben található, a nagyüzemi növénytermesztés számára elsősorban ennek a felszíni 1 méter vastagságú talajrétegnek a víztartalom-változásai az alapvetők. Régi tapasztalat, hogy Alföldünkön a vegetációs időszakban gyakran annyira megcsappan a termőtalaj vízkészlete, hogy a sikeres mezőgazdasági termelés érdekében szükséges az öntözés. Ugyanakkor klímánk szeszélyességére jellemző, hogy nem ritkán — olykor még nyáron is — a bőséges csapadék hatására a feltalaj vízzel telítődik, rövidebb-hosszabb ideig tartó vízfelesleg keletkezik, ami az Alföld mélyebb fekvésű területein a belvizek megjelenését eredményezi. Végső soron mindkét időjárási szélsőséggel, pusztító aszályal és káros vízfölösleggel egyaránt számolnunk kell, s hazai éghajlatkutatásunk egyik fontos feladata ezeknek az eseményeknek tárgyilagos rögzítése, időjárási kölcsönhatásaik tisztázása.

Az aszály éppúgy mint a vízfölösleg, különböző időjárási folyamatok komplex végeredménye, ezért egyoldalú és hibás álláspont lenne bekövetkezésüket pusztán a csapadékkellátottság alapján mérlegelni. Reális megnyilvánulásuk a talaj vízkészletének értékében tükröződik, ezt pedig egy adott szerkezetű és fizikai adottságú talaj esetén a vízbevitel és vízkiadás szabják meg. Természetes körülmények között a vízbevitel a csapadékból származik, míg a vízkiadás a talajban levő víz elpárolgásában, illetve elfolyásában realizálódik. Az elfolyást síkvidéki területeken elhanyagolhatjuk, így a továbbiakban nem vesszük figyelembe.

Vizsgálataink során a számításba vett állomások mind egyikére egyszerűsített talajmodellt tekintünk, mely a felszíntől 1 m mélységig terjed, s figyelembe vesszük annak hasznosítható (diszponibilis) vízkapacitását, mely a vizsgált állomások tágabb környezetében lévő talajokra mértékadónak elfogadható érték. Talajmodellünk feltevézzük továbbá, hogy egy adott talajtérfogatra sem oldalirányú víztranszport, sem a mélyebb rétegek felé, vagy felől irányuló vízáramlás (kapilláris vízmozgás) nem lép fel. Az előző feltevés alföldi sík területekre elfogadható, a máso-

dik feltevés azonban a valóság szükségszerű leegyszerűsítése (izolált talajtérfogat feltételezése), viszont mint munkahipotézis, a maga korlátai között jól alkalmazható. Ilyen feltevések mellett egy adott időszakra vonatkozó V_b vízbevitelt a lehulló csapadékkal, a V_k vízkiadást pedig a párolgással vehetjük egyenlőnek, vagyis fennáll az adott időtartamra a

$$V_b - V_k = \pm V_t \quad (1)$$

összefüggés, ahol V_t az időszak során fellépő víztározódást (esetünkben a felszíni 1 m-es vastagságú talajréteg víztartalom-változását) jelenti. Ha a talaj vízzel telített és a belőle elpárolgó víz folyamatos utánpótlása biztosított, V_k az úgynevezett lehetséges vagy potenciális párolgással, növényzettel fedett talaj esetén a lehetséges vagy potenciális evapotranspirációval lesz egyenlő. Ha a talaj nincsen vízkapacitásig telítve, a tényleges evapotranspiráció kisebb lesz a potenciálisnál, sőt szélső esetben meg is szűnhet, ha a talajréteg diszponibilis vízkészlete elfogyott és vízutánpótlás (csapadék) nincsen.

A talajréteg víztartalom-változásának meghatározása rendszeres talajnedvesség-mérést igényel. A talajnedvességre vonatkozó hosszú megfigyelési adatsorok azonban nem állnak rendelkezésre, ezért különböző számítási módszereket alkalmazunk. Alábbiakban vázlatosan ismertetjük az egyszerűsített talajmodellre alkalmazott számítás elvét.

Ha egy időszak kezdetén a talajrétegben lévő vízkészlet V_0 , az időszak végén pedig V , akkor

$$V = V_0 + C - P, \quad (2)$$

ahol C az időszak során lehullott csapadék mennyisége, P pedig a talaj vízkészletéből elpárolgott víz (evapotranspiráció) mennyisége. Az egyenletben szereplő mennyiségek közül C -t a csapadékmérések szolgáltatják, V_0 értékét legegyszerűbben egyszeri talajnedvesség-méréssel határozhatjuk meg, vagy pedig oly módon, hogy kiválasztunk egy olyan csapadékból gazdag időszakot a téli félévből, amikor a csekély párolgás miatt jogosan feltételezhetjük a talajréteg teljes telítődését, és így V_0 értékének a teljes diszponibilis vízkapacitást vesszük. Ilyen esetben P értékét mind-

addig egyenlőnek tekintjük a P_p potenciális evapotranspirációval, ameddig $C > P_p$ fennáll. A potenciális evapotranspirációt az Antal-féle formulával határoztuk meg:

$$P_p [\text{mm/nap}] = 0,74 (E - e)^{0,7} \left(1 + \frac{t}{273}\right)^{4,8}, \quad (3)$$

ahol E , illetve e a vizsgált időszak átlagos léghőmérsékletéhez tartozó telítési gőznyomás, illetve tényleges gőznyomás [mbar]; t pedig a vizsgált időszak közepes léghőmérséklete ($^{\circ}\text{C}$).

A számításokat 14 alföldi állomás meteorológiai megfigyelései alapján végeztük, melyek főbb paramétereit, uralkodó talajtípusait, s a vizsgálatba vont idősorok hosszát az 1. táblázat tartalmazza. Elemzéseink során mintegy 50 000

során az 1952/53-as csapadékos téli félévet követő 1953. március 1-én feltételeztük a $V_0 = V_d$ [mm] (talajtípusonként különböző) kezdő vízkészletet, s a P_p és C értékek ismeretében minden hónap első napjára folyamatosan meghatároztuk a V vízkészlet értéket, s azokat a rendelkezésre álló vízkapacitás százalékában kifejezve kaptuk a felső 1 méteres talajréteg vízzel telítettségének százalékos mértékét. (A számítások kezdő-időpontjai mindegyikét csapadékos téli félév előzte meg.)

Kapott adataink jól rávilágítanak a felszíni talaj vízháztartásának főbb éghajlati sajátosságaira, de egyben arra is alkalmasak, hogy az arid és humid jellegű évek gyakoriságáról tájékozódjunk. Az éghajlat arid vagy humid jellegének meghatározására a Budüko-féle ariditási index használatos, amely szerint

1. táblázat
A számításba vett állomások paramétereit

Állomás	Vizsgált időszak	h (m)	Koordináták		Talajtípus
			φ°	λ°	
Ásotthalom	1953 – 1971	117	$46^{\circ}12'$	$19^{\circ}47'$	futóhomok
Baja	1931 – 1983	109	$46^{\circ}10'$	$18^{\circ}58'$	öntés
Békéscsaba	1931 – 1983	90	$46^{\circ}40'$	$21^{\circ}07'$	mezősségi
Kalocsa	1931 – 1983	96	$46^{\circ}32'$	$18^{\circ}59'$	réti, mezősségi
Karcag	1951 – 1971	87	$47^{\circ}18'$	$20^{\circ}55'$	mezősségi
Kecskemét	1947 – 1983	112	$46^{\circ}54'$	$19^{\circ}43'$	futóhomok
Kiskunfélegyháza	1953 – 1971	102	$46^{\circ}43'$	$19^{\circ}51'$	futóhomok
Kiskunhalas	1973 – 1983	132	$46^{\circ}26'$	$19^{\circ}29'$	futóhomok
Mezőhegyes	1935 – 1983	100	$46^{\circ}19'$	$20^{\circ}49'$	szikes, mezősségi
Orosháza	1931 – 1983	90	$46^{\circ}34'$	$20^{\circ}40'$	mezősségi
Szarvas	1952 – 1983	85	$46^{\circ}52'$	$20^{\circ}32'$	réti
Szeged	1931 – 1983	79	$46^{\circ}15'$	$20^{\circ}09'$	öntés, réti
Szolnok	1952 – 1983	95	$47^{\circ}11'$	$20^{\circ}13'$	öntés, mezősségi
Túrkeve	1953 – 1983	89	$47^{\circ}07'$	$20^{\circ}45'$	mezősségi

adatot dolgoztunk föl. A leghosszabb feldolgozott megfigyelési sorok Baja, Békéscsaba, Kalocsa, Orosháza, Szeged (1931–1983, 53 év) mellett Ásotthalom, Kiskunfélegyháza és Kiskunhalas állomásairól csupán töredék idősorok állottak rendelkezésre; így az utóbbiak alapján kapott eredményeket tájékoztató jellegűeknek tekintjük. Az egységes áttekintés végett – ahol lehetett – az egyes állomások 1953–1983 közötti 31 éves idősorait elemeztük.

A (2) egyenlet megoldásához ismernünk kell még a P tényleges evapotranspiráció értékét. Ez függ a párolgáshoz rendelkezésre álló vízmennyiségtől és a potenciális evapotranspirációtól, s némi egyszerűsítés után jó közelítéssel elfogadható a

$$P = \frac{V}{V_d} \cdot P_p \quad (4)$$

összefüggés, ahol V a vizsgált talajréteg víztartalma, V_d pedig a rendelkezésre álló vízkapacitás értéke. Számításaink

$$H = \frac{P_p}{C}, \quad (5)$$

ahol a potenciális evapotranspiráció és a csapadék évi összegeit vesszük figyelembe. Ha a $H > 1$, több víz képes elpárologni a talajról, mint amennyit a csapadékhullás biztosít, az éghajlat tehát arid; míg $H < 1$ esetén a vízbevitel meghaladja a vízkidrást, vízfölösleg keletkezik, az éghajlat humid.

Számításaink alapján alföldi tájainkon az ariditási index mértékadó átlagos értéke 1,46–1,80 között változik, aminek a Budüko-féle felosztás szerint a füves puszta a növényföldrajzi megfelelője, annak is már viszonylag kedvezőtlenebb csapadékelátottságú változata. A P_p és C évi összegei alapján kiszámítva állomásainkra az egyes évek ariditási index értékeit, az átlagostól (1,65) jelentősen eltérő értékeket találunk. Míg az átlagos minimális index érték (1,07) az arid és humid klíma határterületére jel-

lemző, az átlagos maximális ariditási indexnek (2,59) a félsivatag, annak is valamelyest szárazabb változata a növényföldrajzi megfelelője (II. táblázat). Megállapíthatjuk,

A számított ariditási index értékek felhasználásával izoarid görbék szerkesztettünk (1. ábra), melyek e terület vízellátottsága mértékének nagyvonalú közelítését adják.

II. táblázat

Az ariditási index ($H = P_p / C$) és a nyári félévi vízhiány [$(P_p - C)$, mm] jellemzői

Állomás	$H_{\min.}$	H	$H_{\max.}$	$P_p - C_{\min.}$	$\overline{P_p - C}$	$P_p - C_{\max.}$	$H > 2$	$1,5 < H \leq 2$ %	$1 < H \leq 1,5$
Ásotthalom	1,13	1,65	2,39	158	371	628	21	37	42
Baja	1,06	1,57	2,87	77	345	606	16	32	52
Békéscsaba	1,04	1,63	2,29	100	354	615	16	42	42
Mezőhegyes	0,95	1,46	2,11	46	312	573	3	42	52
Kalocsa	0,99	1,56	2,24	-21	325	575	16	39	45
Karcag	0,98	1,68	2,57	97	339	526	26	26	48
Kecskemét	1,15	1,73	2,62	106	362	566	32	26	42
Kiskunfélegyháza	1,21	1,72	2,59	189	398	601	32	37	31
Kiskunhalas	1,14	1,42	2,43	4	280	544	9	18	73
Orosháza	0,94	1,66	2,72	70	361	654	29	35	36
Szarvas	1,12	1,65	2,89	108	348	553	23	39	38
Szeged	1,03	1,79	2,88	90	370	657	29	39	32
Szolnok	1,12	1,72	2,46	85	357	617	26	35	39
Túrkeve	1,15	1,80	3,14	120	404	664	42	23	35
Átlag:	1,07	1,65	2,59	88	352	599	23	34	43

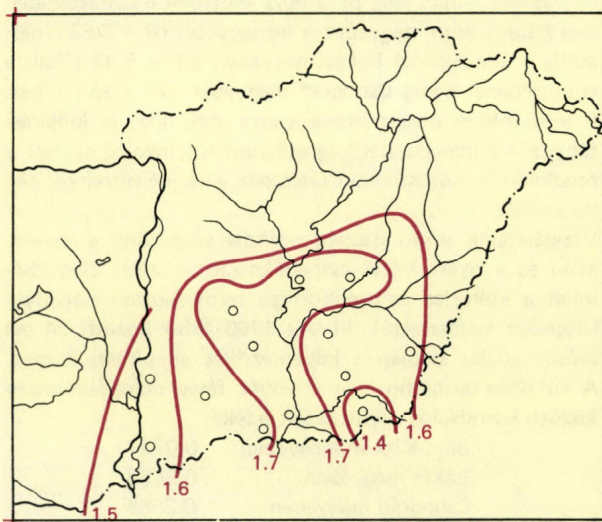
Jelmagyarázat: $\bar{H}$, $\overline{P_p - C}$ = az ariditási index és a nyári félévi vízhiány területi átlagai;

$H_{\min.}$, $H_{\max.}$, $(P_p - C)_{\min.}$, $(P_p - C)_{\max.}$ = az ariditási index és a nyári félévi vízhiány szélső értékei

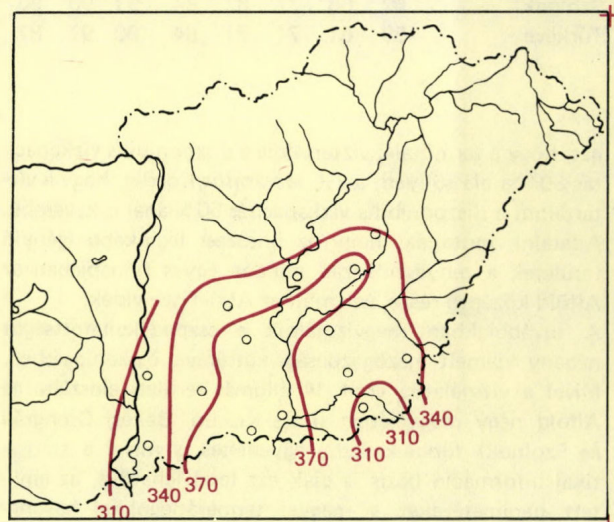
hogy a $1 < H \leq 1,5$ értékek (növényföldrajzi megfelelője a még viszonylag kedvezőbb csapadékelátottságú füves puszt) átlagos relatív gyakorisága e területen még az 50 százalékot sem éri el, míg a $1,5 < H \leq 2$ értékek (száraz sztyepp) átlagosan minden harmadik évben fordulnak elő, félsivatagi klímajellegre pedig ($H > 2$) csaknem minden negyedik esztendőben számíthatunk a Dél-Alföldön (II. táblázat).

Ezek szerint az Alsó-Tisza vidék, valamint a Körösöktől közvetlenül északra fekvő területek vízellátottsága a legmostohább.

A vízhiány éghajlati értékét jól jelzi a nyári félévre vonatkozó P_p és C értékek különbsége. Értékük évről évre szintén igen erősen ingadozik. Az átlagos minimális vízhiány alig 90 mm (csupán Kalocsán és mindössze egy esztendő nyári félévében volt a vízhiány negatív, tehát lépett fel



1. ábra:
Az ariditási index átlagértékei, 1953–1983.



2. ábra:
A nyári félévi vízhiány alakulása, 1953–1983.

vízfelesleg), átlagos maximális értéke pedig 600 mm. Mind az ariditási index, mind a nyári félévi vízhiány időbeli menetéből kitűnik, hogy a Dél-Alföldön a legaszályosabb esztendő 1946-1951 között léptek föl, s bár azóta az aszályosság mértéke szeszélyes ingadozások közepette fokozatosan csökkent, 1982-től az újra emelkedőben van. A nyári félévi vízhiány alakulása (2. ábra) az izoarid görbék menetéhez hasonló: a nyári félév legszárazabb területei a Dél-Alföldön az Alsó-Tisza vidék, valamint a Körösöktől közvetlenül északra fekvő területek. A potenciális evapotranspiráció évi összegének területi átlagértéke a Dél-Alföldön 863 mm. Az évi csapadékösszeg területi átlaga 551 mm, s így ezt az előző értékkel összevetve kapjuk, hogy évente átlagosan mintegy 300 mm éghajlati vízhiányra kell számítanunk a Dél-Alföldön.

A talaj víztartalmának változásáról tájékoztató adatok további, a mezőgazdaság számára érdekes információt adnak. A III. táblázatban megadjuk annak relatív gyakorisá-

III. táblázat

Annak relatív gyakorisága (%) a tenyészidőszakban, hogy a termő-talaj víztartalma a rendelkezésre álló vízkapacitás 80 %-a alá süllyed

Állomás	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	nyári félév
Ásotthalom	11	37	74	89	74	79	89	89
Baja	13	39	61	77	71	94	84	87
Békéscsaba	29	39	58	84	68	90	97	74
Kalocsa	32	45	65	74	77	84	90	84
Karcag	42	47	58	79	79	84	89	79
Kecskemét	19	42	71	84	68	90	94	87
Kiskunfélegyháza	16	37	79	89	84	100	89	89
Kiskunhalas	9	36	36	82	55	82	91	82
Mezőhegyes	32	29	48	65	68	84	97	65
Orosháza	42	39	71	74	74	90	94	84
Szarvas	29	42	65	77	68	100	90	87
Szeged	48	58	68	81	84	94	90	94
Szolnok	52	68	77	87	84	97	90	90
Túrkeve	58	61	71	71	84	90	97	87

gát, hogy a termőtalaj víztartalma a rendelkezésre álló vízkapacitás 80 %-a alá süllyed, a IV. táblázatban pedig, hogy a víztartalom a rendelkezésre álló vízkapacitás 50 %-ánál is kevesebb. Adataink mutatják, hogy az öntözést leginkább igénylő területek a tenyészidőszak minden egyes hónapjában az Alföld középső része, valamint az Alsó-Tisza vidék.

A továbbiakban megvizsgáltuk a csapadékellátottságot néhány kiemelt mezőgazdasági kultúrával összefüggésben. Mivel a vizsgálatba vont 14 állomás területi eloszlása az Alföld négy megyéjében (Bács-Kiskun, Békés, Csongrád és Szolnok) többé-kevésbé egyenletes, s mivel a statisztikai információ bázis is csak ezt teszi lehetővé, az említett paramétereket a megyei termésátlagokkal hasonlítottuk össze. A megyénkénti termésátlagok 1960-1983 közötti 24 évi idősorait elemeztük. A vizsgálatba vont növények: a búza, a kukorica és a cukorrépa. A fenti növé-

nyekre eső választásunkat az indokolja, hogy e térség adja az országos búza-vetésterület 33,0 %-át és termésmennyiségének 33,6 %-át, a kukorica vetésterület 30,7 %-át, termésmennyiségének 30,3 %-át és a cukorrépa vetésterület

IV. táblázat

Annak relatív gyakorisága (%) a tenyészidőszakban, hogy a termő-talaj víztartalma a rendelkezésre álló vízkapacitás 50 %-a alá süllyed

Állomás	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	nyári félév
Ásotthalom	0	0	16	37	58	58	63	5
Baja	0	0	10	35	42	71	71	6
Békéscsaba	0	3	6	16	29	52	61	0
Kalocsa	0	0	0	23	35	45	68	0
Karcag	5	5	5	26	26	58	53	5
Kecskemét	0	6	10	52	55	58	68	6
Kiskunfélegyháza	0	0	11	42	47	79	79	5
Kiskunhalas	0	0	9	45	27	45	55	0
Mezőhegyes	0	3	3	6	23	29	52	3
Orosháza	0	3	13	23	35	58	55	6
Szarvas	0	6	10	29	32	55	74	10
Szeged	0	6	10	32	39	58	65	6
Szolnok	3	6	6	16	29	48	61	6
Túrkeve	3	3	13	29	42	58	68	10

40,1 %-át, valamint termésmennyiségének 39,1 %-át. Ugyanakkor e térség az ország összes szántóterületének csupán 31,2 %-át, mezőgazdasági területének pedig 29,2 %-át képezi.

A búza, a kukorica és a cukorrépa termésátlagainak megyénkénti idősoros alakulása pregnánsan jelzi, hogy a vizsgálatba vont térségekben a szóbanforgó kultúrák időjárásfüggése hasonló. Viszont terméshozamaik szórássterjedelme — ami az időjárásfüggés fokmérője — megyénként jelentős eltéréseket mutat. Míg pl. a búza esetében e szórássterjedelem Bács-Kiskun megyében a legnagyobb ($R = 3,62$ t/ha), addig a kukoricánál Békés megyében ($R = 5,32$ t/ha), a cukorrépánál pedig Csongrád megyében ($R = 26,1$ t/ha). E mutatóknak magas értéke is arra utal, hogy az időjárási tényezők a mai korszerű agrotechnikai színvonal mellett is rendkívül fontos szerepet játszanak a terméshozamok alakulásában.

Vizsgálataink során összehasonlítást végeztünk a termésátlag és a nyári félévi csapadékösszeg között. Elemzéseinket a kukorica és a cukorrépa terméshozam csapadékfüggésére terjesztettük ki. Az 1960-1983 közötti 24 évi idősor adatai alapján a következőket állapíthatjuk meg. A kukorica terméshozama és a nyári félévi csapadékösszeg közötti korrelációs együtthatók értéke:

Bács-Kiskun megyében:	0,0727
Békés megyében:	0,2458
Csongrád megyében:	0,2558
Szolnok megyében:	0,3403

A felsorolt térségek közül csupán Szolnok megyében kapunk a kukorica esetében reális csapadékfüggést.

A cukorrépa terméshozama és a nyári félévi csapadék-összeg közti korrelációs együtthatók értékei megyénként a következők:

Bács-Kiskun megyében:	0,5010
Békés megyében:	0,3665
Csongrád megyében:	0,5263
Szolnok megyében:	0,5545

Az adatsorokból kitűnik, hogy a cukorrépa esetében a különböző természeti tényezők közül a nyári félévi csapadék-összeg kitüntetett szerepet játszik a terméshozam alakulásában, míg a kukoricánál a nyári félévi csapadék-összeg szerepe nem kizárólagosan meghatározó. Ismeretes ugyanis, hogy a kukorica különösen érzékeny pl. a hőmérséklet nagymértékű ingadozására.

Összefoglalva vizsgálataink eredményeit, megállapíthatjuk, hogy a Dél-Alföldön a csapadékelátottság térben és időben igen szeszélyes, az esztendő többiségében negatív

mérleggel zárul, szélsőségesen arid években pedig félsivatagi klímajellelleggel párosul. A szeszélyes vízellátottság a termőtalaj vízkészletének változásaiban élesen tükröződik; a nyári félévben is számíthatunk maximális víztelítettségre, de a nyár közepétől kezdve egyre gyakoribb az aszálykárt okozó szűkös talajnedvesség. Megállapíthatjuk továbbá, hogy említett haszonnövényeink terméshozamának a természeti tényezőktől való függése az agrotechnika színvonalának fokozatos emelkedése ellenére továbbra is jelentős. Azok időjárás-függése számottevő eltéréseket mutat, utalva azon időjárási folyamatok együttesére, melyek a terméshozamok különbözőségeit kialakítják. Leszögezhetjük, hogy az évenként visszatérő, területenként változó tartós vízhiány pótlására az öntözés a Dél-Alföldön feltétlenül kívánatos.

Makra László — Kiss Árpád — Abonyiné Palotás Jolán

KISLEXIKON

FOLYÓIRATUNKBAN ELŐFORDULÓ SZAKKIFEJEZÉSEK MAGYARÁZATA

Miriád

(Évtizedünk érdeklődésének homlokterében: az éghajlat)
Megszámálhatatlan sokaság.

Levélfelületi index

(A növényállomány hatása a talaj felmelegedésére és lehűlésére)

A növények egységnyi talajterület fölött elhelyezkedő levélmennyiségének jellemzésére használt szám (dimenziója: m^2/m^2).

Relatív sugárzás

(A növényállomány hatása a talaj felmelegedésére és lehűlésére)

A ténylegesen mért- és a csillagászatilag lehetséges globál-sugárzás aránya.

Ariditás

(Az aszály a Dél-Alföldön és a főbb mezőgazdasági kultúrák terméseredményei)

Az éghajlat szárazsága, aszályossága. Annak fokozata, hogy egy terület éghajlata milyen mértékben nélkülözi az élet egyik feltételét: a nedvességet.

Humiditás

(Az aszály a Dél-Alföldön és a főbb mezőgazdasági kultúrák terméseredményei)

Az ariditás ellentéte: az éghajlat nedvessége. A humiditás, ill. ariditás mértékét indexekkel, azaz a műszeresen mért

éghajlati elemek különböző matematikai kombinációival fejezik ki.

Klorofill

(A műholdas távérzékelés és alkalmazása növénykultúrák vizsgálatára)

A növényi sejtekben a fény hatására felhalmozódott zöld festékanyag.

Karotinoidok

(A műholdas távérzékelés és alkalmazása növénykultúrák vizsgálatára)

A növények fotoszintézisében szerepet játszó (sárga, narancssárga, piros és barna ...) festékanyagok.

Antociánok

(A műholdas távérzékelés és alkalmazása növénykultúrák vizsgálatára)

Növényi (lila, kék, barna, vörös ... színű) festékanyagok, amelyek keletkezését az alacsony hőmérséklet és az intenzív fény segíti elő; biológiai funkciója még tisztázatlan.

ICAO

(Meteorológia és a társadalom létbiztonsága)

International Civil Aviation Organization — Nemzetközi Polgári Repülésügyi Szervezet.

Schirokné Kriston Ilona

Rapszódikus évszakok

Kevés olyan dolog van a világon, amely anynyi embert érdekelne, mint az időjárás. Van aki alig várja az esőt, van aki viszont napsütést szeretne.

Évezredek során az emberek megszokták az évszakokhoz fűződő változásokat. Mindig voltak azonban a megszokottól eltérő helyzetek. Időszámításunk előtti 179-ben áprilisban hatalmas viharok tomboltak Rómában, nagy anyagi károkat okozva. 1228 áprilisában heteken keresztül olyan meleg volt Európa keleti tájain, hogy a hónap végén már itt ott sárgulni kezdett a búza. 1588-ban a La Manche-csatornában kitört váratlan vihar a spanyol „győzhetetlen” Armada pusztulását okozta.

Az időjárás szeszélyeinek az ember ma még bizonyos fokig ki van szolgáltatva. A meteorológiai kutatások eredményeként sokféle előrejelzést kapunk, azonban az évszakok rapszódikus változásait ma még nem lehet hosszú távon előrejelezni.

Az elmúlt évek időjárása nagyon változékony volt, és erősen eltért a megszokottól. Például az 1982-83-as télen enyhe időjárás uralkodott, az utána következő nyáron pedig aszály pusztított a földeken.

Arra a kérdésre kerestük a választ, hogy valóban hol és mennyire volt szélsőséges ennek az időszaknak az időjárása, azaz a vizsgált évszakok valóban rapszódikusak voltak-e.

Végig kísérve az elmúlt 10-15 é v témakörhöz kapcsolódó külföldi és hazai szakirodalmat láthattuk, hogy sokan különféle módszereket alkalmazva elemezték a szélsőséges (aszályos, nagyon csapadékos stb.) viselkedésű időszakokat. R.H. BLAIR Írország nyarait egy „nyár-index” alkalmazásával vizsgálta, de H.F. DIAZ is statisztikai alapon közelítette meg az extrém időjárási helyzetek elemzésének problémáját. NAMIAS dinamikus módszert alkalmazott, Mc GUIRK pedig a sztratoszférában fellépő változásokkal magyarázta az Egyesült Államokban fellépő rendkívüli időjárást. MALLER Aranka a hazai száraz időszakok makroszínoptikai helyzetait elemezte, Dr. SZIGYÁRTÓ Zoltán pedig a csapadékmentes időszakok hosszát tanulmányozta.

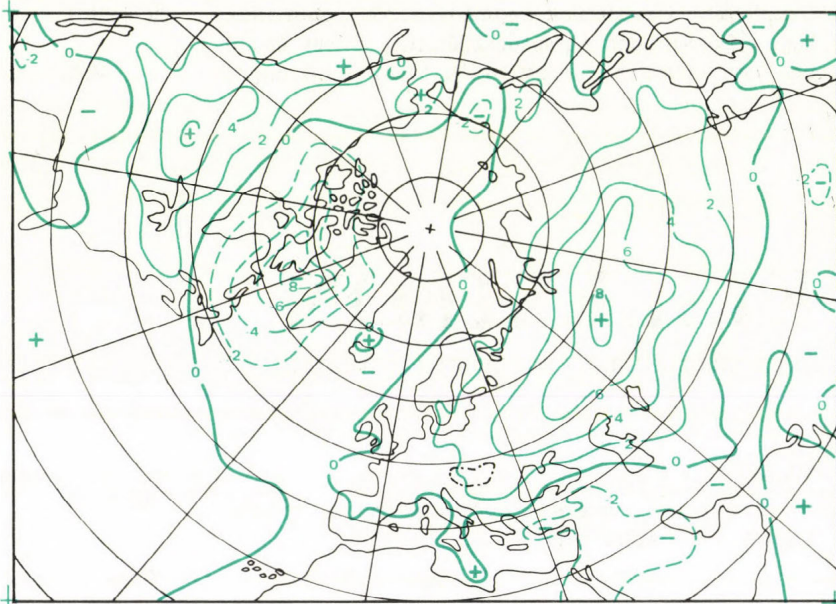
Számunkra a statisztikai vizsgálat látszott a leginkább célravezetőnek. Munkánk során az 1982 szeptembertől 1983 augusztusig terjedő 12 hónap időjárásának tanulmányozásán keresztül az említett időszak enyhe telét és aszályos nyarát elemeztük.

Célunk az volt, hogy megvizsgáljuk, hogy a hazánkban észlelt különleges időjárás mekkora területre terjedt ki: Európa, esetleg az északi félteke más területeinek időjárását is uralta-e. Arra is törekedtünk, hogy a rendkívüli időjárás szélsőséges jellegének mértékét meghatározzuk. Ezt – mint már említettük – statisztikai módszerrel hajtottuk végre.

Vizsgálatainkat két meteorológiai elem – a hőmérséklet és a csapadék segítségével végeztük el. A szélsőséges időjárás területileg nagytérű, illetve helyi jellegének meghatározásához havi és évszakos hőmérsékleti anomália (átlagtól való eltérés) és csapadékösszeg sokévi átlaghoz viszonyított százalékos érté-

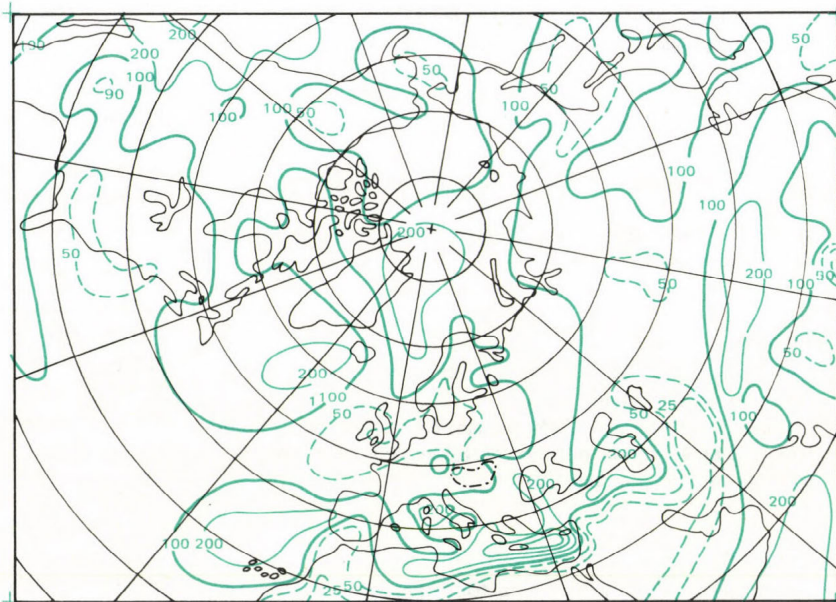
kei álltak rendelkezésünkre a „Die Grosswetterlagen Europas” folyóiratból. Egy négyzet-hálós leolvasófólia segítségével meghatároztuk a pozitív és negatív anomáliájú területek arányait.

A hőmérséklet vizsgálatánál arra az eredményre jutottunk, hogy az adott télen az északi féltekének nagyobb részén uralkodott



1. ábra:

Az 1982-83-as tél hőmérsékleti anomália térképe.



2. ábra:

Az 1983-as nyár %-os csapadéértékeinek térképe.

az átlagosnál enyhébb időjárás. A téli hónapok mindegyikében 60% körüli értékeket kaptunk ezeknek a területeknek a részarányaira. Vizsgálatunk szerint az 1982-83-as időszak tele a teljes eurázsiai területen, valamint Észak-Amerika nagy részén a megszokottnál enyhébb volt. Voltak olyan területek (Nyugat-szibériai-alföld, Préri), ahol az átlagosnál 6-8°C-kal melegebbet mértek. Az Északi-sark, Grönland, Kanada északi része és az Atlanti-óceán vidékén viszont a megszokottnál hűvösebb időjárás uralkodott (1. ábra). Így azt mondhatjuk, hogy a hazánkban észlelt enyhe tél nem volt általános az északi féltekén, viszont nem volt helyi jellegű sem, mivel a Kárpát-medencén kívül más területek időjárását is jellemezte. A csapadék vizsgálatánál arra az eredményre jutottunk, hogy nemcsak nyáron, hanem a vizsgált időszak egészén – egy hónapot (március) és egy évszakot (tél) kivéve – az átlagosnál szárazabb területek voltak túlsúlyban. Sokkal határozottabban látható az aszályos jelleg, ha az északi félteke helyett csak az európai térséget tekintjük, ahol a teljes nyári csapadékösszeg csak a Földközi-tenger vidékén emelkedett a sokévi átlag fölött (2. ábra). Megjegyezzük, hogy ezen a vidéken található nagy értékek csalókák, hisz nyáron a Földközi-tenger vidékén kevés eső szokott esni, ezért a nagy pozitív anomáliák nem jelentenek feltétlenül nagy csapadékmennyiséget. Ahhoz, hogy a vizsgált időszakra az időjárás szélsőséges jellegének mértékét meghatározzuk megfelelő mutatóra volt szükségünk. Az új index – melyet Q indexnek neveztünk el – matematikailag a vizsgált időszak anomáliaértékeinek és az adatbázis alapján hozzátartozó szórások hányadosa.

$$Q = \frac{y}{\sigma}$$

ahol: y – anomália
 σ – korrigált empirikus szórás.

Ha a Q index nulla vagy közel nulla értékű, akkor a vizsgált időszak időjárása átlagos, ha viszont a (-1, +1) intervallumon kívül esik, akkor az általa jellemzett időszak határozottan szélsőségesnek mondható volt.

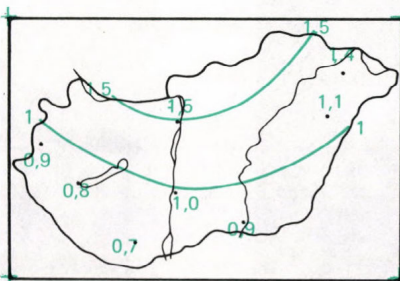
Azért nem csupán az anomáliaértékeket használtuk vizsgálatainknál, mert azok nem különböztetik meg az egyszerű ingadozást a valóban szélsőséges időszaktól, mivel az időjárás szokásos ingadozásának mértéke havonként, évszakonként és állomásonként más és más.

Számításainkhoz az északi félteke 114 állomásán havi középhőmérsékletet, az atlanti-európai térség 59 állomásán havi csapadékösszeg 60 éves adasora állt rendelkezésünkre. Hőmérsékleti vizsgálatainkat Magyarországra, Európára és az északi-féltekére végeztük el.

Eredményeink szerint Magyarországon decemberben és januárban határozottan enyhe időjárás uralkodott, mivel a Q értékek az

esetek nagy részében 1 fölött voltak (3. ábra). Ezzel szemben ki kell emelnünk, hogy február az átlagosnál kicsit hűvösebb volt. Ennek ellenére a tél mégis enyhe volt.

Sor-szám	Az állomás neve	1982		1983	
		XII.	I.	II.	Tél
1.	Budapest	1,3	2,0	-0,1	1,5
2.	Szombathely	0,9	1,5	-0,4	0,9
3.	Keszthely	1,0	1,2	-0,5	0,8
4.	Pécs	0,8	1,4	-0,6	0,7
5.	Kalocsa	1,0	1,4	-0,2	1,0
6.	Szeged	0,7	1,4	-0,2	0,9
7.	Debrecen	1,0	1,1	-0,5	1,1
8.	Nyíregyháza	1,2	1,4	0,2	1,4



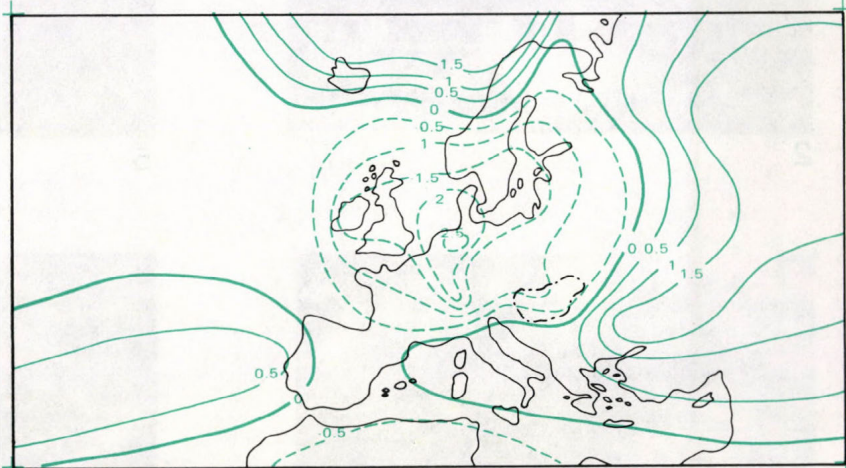
3. ábra:
 Magyarország hőmérséklet viszonyaira vonatkozó Q indexek 1982–83-as télen.

Az európai vizsgálatnál is megmutatkozott a hazánkban jelentkező nagyon enyhe december és január, és az átlagosnál hűvösebb február. A Földközi-tengert övező országok déli részét kivéve Európában 1982-83 telén a megszokottnál enyhébb időjárás uralkodott.

A csapadék vizsgálatát Magyarországra és az atlanti-európai térségre terjesztettük ki.

A szélsőség mértékének meghatározásánál arra az eredményre jutottunk, hogy nemcsak hazánkban, hanem az atlanti-európai térség nagy részén az 1983-as nyári csapadékösszeg elmaradt az átlagtól. Havi bontásban a július mutatkozott a legszárazabbnak, az augusztus pedig viszonylag átlagos volt. A Q értéke Európa csapadék-szegény területének körülbelül a felén volt -1 alatt (4. ábra). Így kimondhatjuk, hogy a vizsgált időszakban az atlanti-európai térség nagy részén csapadékszegény időjárás uralkodott, de rendkívüli aszály nem jellemezte az egész térséget. A fentieket összegezve tehát megállapítható, hogy a jelentős adatállományokat felhasználó statisztikai vizsgálataink igazolták, hogy az 1982-83-as tél csak a Kárpát-medencében és az európai térségben bizonyult enyhének, az északi féltekét átfogó vizsgálataink szerint azonban átlagos volt. Az 1983 év nyarát nemcsak hazánkban, hanem az atlanti-európai térség túlnyomó részén csapadékszegény időjárás jellemezte. Így a környező országok időjárását is ezek a rapszódikus évszakok határozták meg. A meteorológiában az egy hónapnál hosszabb időszakra szóló előrejelzéseket éghajlati előrejelzéseknek nevezzük, melyek többnyire statisztikai módszereken alapulnak. Éppen ezért olyan paramétereket kell meghatározni, amelyek átfogó képet adnak az időjárás hosszabb időszakra vonatkozó főbb jellemvonásairól.

Az utóbbi években a népgazdaság szinte minden ágazata részéről egyre fokozottabb érdeklődés mutatkozik a hosszútávú előrejelzések iránt. Az ipar, az energiagazdálkodás, de talán az időjárásnak leginkább kitett népgazdasági ágazat a mezőgazdaság igényli ezeket a meteorológiai információkat. Az éghajlati előrejelzések pontosságának növeléséhez hoz-



4. ábra:
 Az Atlanti-európai térség csapadék viszonyaira vonatkozó Q indexek 1983 nyarán.

Az északi-féltekére kiterjedő elemzésnél nem jelentkeztek a havi bontásban észlelt sajátosságok.

zátartozik a szélsőséges időjárási helyzetek mind mélyrehatóbb megismerése.

Puskás Márta

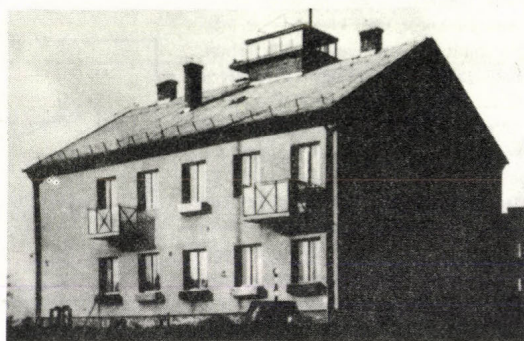
40 ÉV KÉPEKBEN

Lapunk előző számában megemlékeztünk az OMSZ központi székháza felépítésének 75. évfordulójáról. Ez az épület sokáig Szolgálatunk egyetlen objektuma volt. A felszabadulást követően azonban a Szolgálatra háruló feladatok növekedésének mértékében egymás után születtek új obszervatóriumaink, megfigyelő állomásaink. A fejlődést kevés szóval, sok képben az alábbi – távolról sem teljes – összeállításunk tartalmazza.

[1] 1952 „Marcell György” Aerológiai Obszervatórium [2] 1955 Martonvásári Agrometeorológiai Obszervatórium [3] 1956 Siófoki Viharjelző Obszervatórium [4] 1959 Agrometeorológiai Obszervatórium Kecskemét [5] 1966 Keszthelyi Obszervatórium és főállomás [6] 1967 Kékestető [7] 1969 Műholdvevő [8] 1974 Központi Előrejelző Intézet [9] 1974 Soproni főállomás [10] 1975 Zalaegerszegi főállomás [11] 1975 Szarvasi Agrometeorológiai Obszervatórium [12] 1976 Meteorit-2 rádiószonda-vevő [13] 1976 Jégeső elhárítás Baranyában [14] 1982 Szentgotthárd Radarmeteorológiai Obszervatórium



1



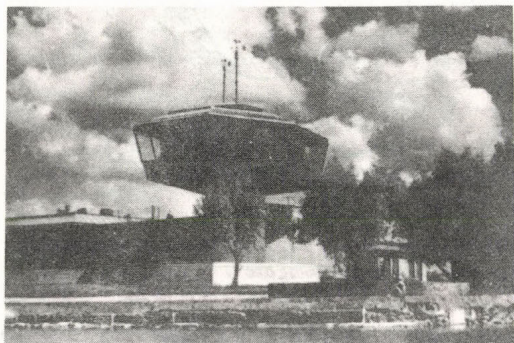
4



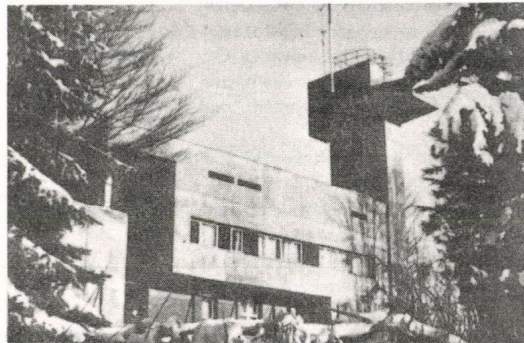
2



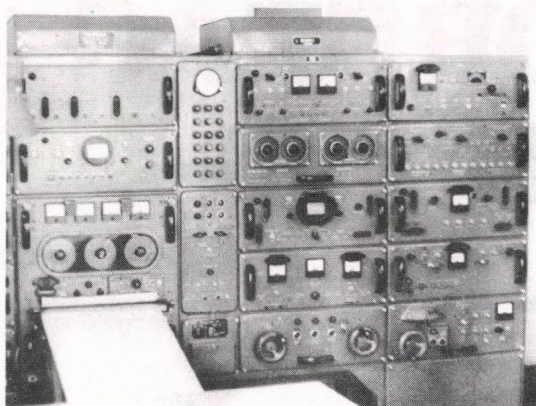
5



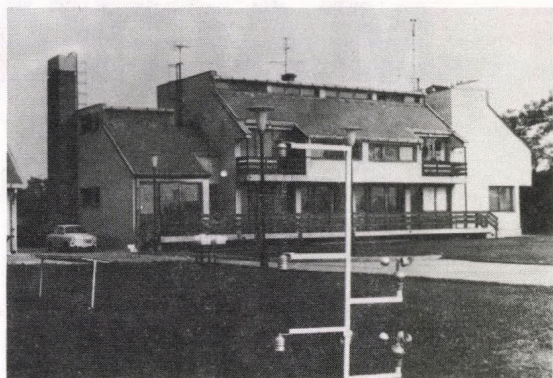
3



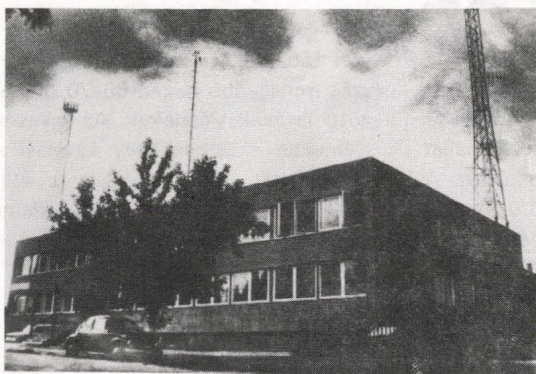
6



12



11



8



7

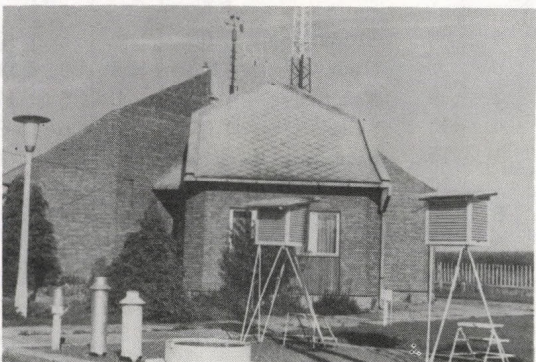


9

1945



13



10



1985



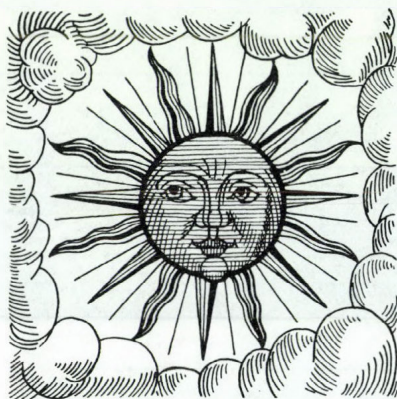
14

MAGYARORSZÁG

IDŐJÁRÁSA

1984 - 85

telén



NAPSÜTÉS

1984. december

Ebben a hónapban 17-85 volt a napfényes órák száma. Idén is, mint más évben a nyugati és az északeleti or-

szág rész kapta a kevesebb napfényt. Ezeken a területeken a napfényes órák száma 17-40 között volt, és ez általában 10-25 órás negatív anomáliát jelentett a sokévi átlaghoz képest. A Duna-Tisza közén átlag körüli volt a napsütés. Az Alföld déli felében a 45-85 órás érték általában 5-35 óra többletet jelentett ebben a hónapban.

1985. január

Január hónapra általában jellemző tartós, több napon át borult időszakok nem voltak. Néhány nap kivételével valahol az ország területén mindig volt pár órás napsütés. 25. és 31-e között pedig tartósan napfényes időszak alakult ki. A napfényes órák száma 55-82 között volt. A legtöbb napfényt (80-82) órá a Szolnok és Szarvas közötti terület kapta, ez 15-17 órával

volt több, mint a sokévi átlag. Az ország legnagyobb részén 60-70 óra közötti értékeket észleltek. Az egyes területeken általában vagy kevéssel az átlag felett, vagy kevéssel az átlag alatt volt a napfényes órák száma. Úgy is fogalmazhatunk, hogy az átlag körül ingadozott.

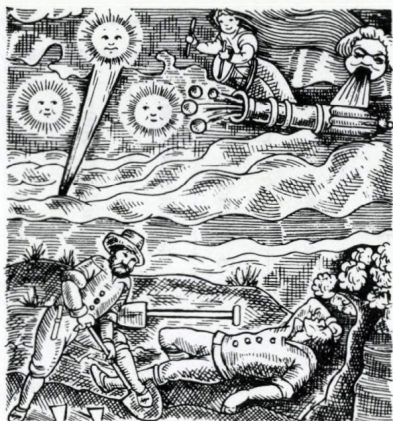
1985. február

E hónapban elég sok (10-12) volt a derült napok száma. Ez 5-6 nappal volt több, mint a sokévi átlag. A Dunántúl és a Duna-Tisza köze volt napfényesebb az átlagosnál, a 90-113 órás napsütés 5-25 órás pozitív anomáliát jelentett a sokévi átlaghoz képest. A Tisza vonalától keletre levő területeken ugyanakkor 70-90 óra közötti napsütés 5-15 órás hiányt jelentett.

állomás	havi összeg (óra)	eltérés az átlagtól	napok száma	
			derült	borult
Szombathely	22	-27	—	22
Győr	46	-2	5	15
Keszthely	32	-20	—	20
Siófok	43	-9	4	17
Pécs	45	-9	4	17
Budapest	48	+2	3	17
Szolnok	54	+6	3	19
Szeged	45	-11	4	16
Békéscsaba	86	+36	5	15
Debrecen	51	+5	4	14
Nyíregyháza	38	-9	4	14
Miskolc	—	—	3	19

állomás	havi összeg (óra)	eltérés az átlagtól	napok száma	
			derült	borult
Szombathely	64	-1	4	8
Győr	77	+13	6	7
Keszthely	56	-9	2	9
Siófok	75	+9	4	11
Pécs	56	-11	1	15
Budapest	72	+8	2	10
Szolnok	80	+17	5	13
Szeged	53	-10	5	14
Békéscsaba	67	+12	3	14
Debrecen	66	+7	3	18
Nyíregyháza	63	-2	4	18
Miskolc	—	—	4	15

állomás	havi összeg (óra)	eltérés az átlagtól	napok száma	
			derült	borult
Szombathely	96	+5	5	10
Győr	113	+25	6	11
Keszthely	97	0	5	11
Siófok	89	-14	6	8
Pécs	13	-83	5	8
Budapest	99	+10	7	6
Szolnok	108	+17	4	11
Szeged	78	-16	3	10
Békéscsaba	80	0	1	11
Debrecen	72	-13	1	14
Nyíregyháza	78	-5	3	12
Miskolc	—	—	6	11



LEVEGŐHŐMÉRSÉKLET

1984. december

Hőmérséklet szempontjából a hónapot öt periódusra oszthatjuk, meleg és hideg időszakok váltakoztak a hónap folyamán. A meleg időszakokban a napi hőmérsékleti csúcsértékek általában 0, +5 fok között voltak, de volt példa olyan napra is, amelyen a maximumhőmérséklet a +10 fokot is elérte. Hasonló változékonyság tapasztalható a hajnali minimumok alakulásában is. Ezek a melegebb időszakokban általában +1, -5 fok között, a hideg szakaszokban -5, -10 fok között voltak, sőt egy-két napon még -10 fok alá is szállt a hajnali hőmérséklet. A hónap középhőmérséklete általában meghaladta a 0 fokot, csak északon maradt fagyponthoz alatta. A középhőmérsékletek azonban nem érték el a sokéves átlagot, az eltérés több helyen 2 fokkal is több volt.

1985. január

A hónap időjárása rendkívül hidegnek bizonyult. A hőmérséklet szempontjából két szélsőséges periódus különböztethető meg: az első egy igen zord időszak volt, mely sokáig emlékezetes marad. Már a hónap elején sem érték el a napi középhőmérsékletek az átlagot, később pedig tovább csökkent a hőmérséklet. A hónap első harmadában nem volt ritka az olyan nap, amikor napközben sem emelkedett -10 fok fölé a higanyszál, sőt egyes helyeken -15 fok alatt maradt. Éjszaka pedig -30 fokot megközelítő lehűlés is előfordult. A hideg időjárás a hónap első kétharmadát uralta, csak 15-e körül volt egy rövid ideig tartó átmeneti

állomás	havi középérték	eltérés az átlagtól	abszolút maximum nap	abszolút minimum nap	abszolút minimum a talaj mentén nap	dekádközép			napok száma
						1. dekád	2. dekád	3. dekád	

1984. december

Szombathely	0,1	0,0	10,5	11.	-8,5	28.	-9,1	29.	0,7	1,1	-1,3	8	max. ≤ 0 °C	min. ≤ -10 °C
Győr	0,0	-0,9	9,2	11.	-7,8	29.	-11,7	29.	1,4	0,3	-1,4	9	—	—
Keszthely	0,9	0,0	11,3	11.	-6,4	27.	-7,5	28.	1,4	1,7	-0,4	4	—	—
Siófok	0,3	-0,3	9,7	11.	-5,3	29.	-6,0	14.	0,7	0,5	0,3	6	—	—
Pécs	-0,2	-1,1	9,2	19.	-9,2	28.	-11,2	27.	0,1	1,4	-2,0	10	—	—
Budapest	-0,3	-1,0	9,4	11.	-6,5	15.	-11,3	15.	0,0	-0,1	-0,8	9	—	—
Szolnok	-1,2	-1,7	9,8	11.	-8,7	15.	-11,2	15.	-1,4	-0,2	-2,0	16	—	—
Szeged	-1,0	-1,9	10,8	19.	-14,4	29.	-15,0	28.	-0,6	1,0	-3,0	12	3	3
Békéscsaba	-1,7	-2,3	9,2	19.	-13,7	28.	-14,0	27.	-2,0	0,3	-3,3	13	3	3
Debrecen	-1,8	-2,3	6,2	4.	-10,2	29.	-14,6	28.	-2,3	-0,8	-2,4	13	2	2
Nyíregyháza	-2,7	-2,6	7,0	1.	-14,2	29.	-15,4	16.	-2,3	-1,9	-3,6	15	4	4
Miskolc	-2,3	-1,8	7,8	11.	-11,0	15.	-13,0	15.	-2,3	-2,0	-2,6	17	1	1

1985. január

Szombathely	-6,0	-3,5	8,6	22.	-21,9	8.	-23,7	8.	-10,4	-8,9	0,1	21	15	max. ≤ 0 °C	min. ≤ -10 °C
Győr	-5,8	-3,8	11,3	24.	-23,4	8.	-25,1	8.	-11,3	-7,7	0,9	21	17	—	—
Keszthely	-5,2	-3,4	13,0	23.	-21,0	8.	-22,6	8.	-9,9	-7,8	1,5	21	15	—	—
Siófok	-4,7	-2,7	13,4	23.	-15,3	9.	-16,0	9.	-8,3	-7,8	1,3	21	11	—	—
Pécs	-5,5	-3,7	12,3	23.	-19,1	8.	-20,2	8.	-9,6	-9,2	1,7	22	16	—	—
Budapest	-5,2	-2,9	7,3	23.	-16,2	8.	-21,4	8.	-8,9	-7,9	0,6	21	14	—	—
Szolnok	-6,9	-4,2	7,2	24.	-23,2	12.	-24,1	12.	-9,7	-11,8	0,2	22	18	—	—
Szeged	-7,3	-5,1	10,0	24.	-22,4	12.	-24,8	8.	-10,5	-12,6	0,2	22	19	—	—
Békéscsaba	-7,5	-4,9	8,9	24.	-24,6	14.	-24,7	14.	-10,6	-13,2	0,6	22	20	—	—
Debrecen	-6,6	-3,8	7,6	24.	-21,8	8.	-26,6	8.	-10,0	-10,8	0,2	22	19	—	—
Nyíregyháza	-7,0	-3,6	8,8	24.	-22,0	8.	-24,9	8.	-10,0	-11,3	-0,3	22	18	—	—
Miskolc	-7,7	-4,1	5,9	24.	-24,0	9.	-26,1	9.	-10,3	-12,2	-1,2	21	18	—	—

1985. február

Szombathely	-3,1	-2,6	10,8	2.	-16,1	12.	-17,4	13.	0,2	-7,8	-1,1	12	7	max. ≤ 0 °C	min. ≤ -10 °C
Győr	-3,4	-3,3	11,0	2.	-17,8	13.	-19,6	16.	0,6	-8,7	-1,7	16	9	—	—
Keszthely	-3,9	-3,9	11,6	2.	-21,4	14.	-22,4	14.	0,4	-9,3	-2,4	14	10	—	—
Siófok	-4,4	-4,2	6,9	2.	-21,6	13.	-23,3	13.	0,1	-10,0	-2,9	16	9	—	—
Pécs	-4,3	-4,6	10,7	6.	-20,4	13.	-23,0	13.	1,1	-10,0	-4,1	17	12	—	—
Budapest	-4,6	-4,6	10,2	2.	-18,6	13.	-24,7	12.	0,1	-9,2	-4,8	19	12	—	—
Szolnok	-6,4	-6,0	8,6	2.	-19,5	14.	-23,6	14.	-0,3	-11,2	-7,9	21	16	—	—
Szeged	-5,8	-5,7	11,7	2.	-19,5	13.	-20,0	13.	0,5	-11,4	-6,7	20	15	—	—
Békéscsaba	-6,9	-6,5	8,5	2.	-19,5	14.	-21,1	14.	-0,6	-12,5	-7,8	21	15	—	—
Debrecen	-8,1	-7,5	8,3	2.	-22,2	16.	-24,3	20.	-2,0	-13,6	-8,9	23	16	—	—
Nyíregyháza	-7,8	-6,6	8,7	2.	-22,4	18.	-27,6	18.	-2,6	-12,8	-8,2	23	18	—	—
Miskolc	-7,8	-6,7	9,8	2.	-24,6	12.	-25,7	12.	-2,2	-12,9	-8,3	21	16	—	—

enyhülés. Január utolsó harmadában hirtelen véget ért a hideg időszak. Gyorsan a fagypont fölé emelkedett a hőmérséklet, a Dunántúl déli részén 15 fokot meghaladó maximumokat észleltek. Ezzel együtt is a havi közép-hőmérséklet 4-6 fokkal elmaradt a sokévi átlagtól.

1985. február

A hónap időjárása – akárcsak a januáré – sokáig emlékezetes marad. Az előző hónap utolsó harmadának enyhe időjárása átnyúlt február elejére is, ekkor az átlagnál jóval melegebb idő uralkodott országszerte. A kora délutáni órákban néhol +10 fokra melegeedett a levegő. 8-tól azonban újabb erős lehűlés következett, amely csaknem a hónap végéig tartott. A nappali felmelegedés jócskán a fagypont alatt maradt. Az éjszakai minimumok általában -15 és -25 fok között ingadoztak, de előfordult -25 fok alatti érték is. (Az idei rekord: 13-án Iregszemcsén hajnalban -30 fokot mutatott a hőmérő.) Csak a hónap vége felé enyhült a szokatlanul makacs tél, de ekkor is inkább csak a Dunántúlon, ahol a kora délutáni órákban ismét 0 fok fölé emelkedett a hőmérséklet.



CSAPADÉK

1984. december

A hónap első felében az ország területének jelentős részén egyáltalán nem hullott csapadék, másutt is csak jelentéktelen mennyiségben. A hónap közepén a beáramló hideg levegővel a ha-

állomás	havi összeg mm	eltérés az átlagtól mm	eltérés az átlag %-ában	dekádösszeg			napok száma		
				1. dekád	2. dekád	3. dekád	csapadék > 1mm	csapadék > 5mm	zivatáros

1984. december

Szombathely	30	-14	68	—	16	14	5	2	—
Győr	18	-29	39	2	4	12	7	1	—
Keszthely	48	-2	96	—	34	14	5	2	—
Siófok	42	-4	96	—	28	14	5	2	—
Pécs	39	-7	85	1	16	22	5	3	—
Budapest	22	-25	47	1	16	6	5	2	—
Szolnok	34	-1	97	1	29	4	4	2	—
Szeged	38	-1	97	1	23	14	4	3	—
Békéscsaba	35	-7	83	2	22	12	6	3	—
Debrecen	47	+9	120	1	36	10	7	2	—
Nyíregyháza	30	-10	75	1	17	12	5	3	—
Miskolc	14	-26	35	—	7	7	5	—	—

1985. január

Szombathely	9	-21	30	—	4	4	3	—	—
Győr	10	-25	29	1	—	9	2	—	—
Keszthely	12	-28	30	2	—	9	2	1	—
Siófok	8	-32	20	2	1	6	2	—	—
Pécs	21	-20	52	10	—	13	7	1	—
Budapest	15	-26	37	2	—	13	5	—	—
Szolnok	27	-2	93	8	—	18	6	1	—
Szeged	18	-16	53	7	—	11	4	1	—
Békéscsaba	27	-4	87	17	—	10	9	2	—
Debrecen	33	0	100	12	1	19	11	2	—
Nyíregyháza	26	-7	79	2	1	23	8	1	—
Miskolc	15	-17	47	4	—	10	3	1	—

1985. február

Szombathely	14	-15	49	10	—	5	4	—	—
Győr	27	-13	68	20	2	5	7	2	1
Keszthely	39	-2	95	36	—	3	4	3	—
Siófok	36	-9	80	33	—	3	5	3	1
Pécs	63	+17	14	57	3	3	6	3	—
Budapest	25	-18	58	24	—	1	5	3	1
Szolnok	24	-7	77	19	—	5	4	2	—
Szeged	33	-4	89	30	1	3	4	2	—
Békéscsaba	34	0	100	29	1	4	6	2	—
Debrecen	22	-13	63	15	3	3	4	1	—
Nyíregyháza	13	-21	38	8	3	2	4	1	—
Miskolc	13	-18	42	9	3	2	4	1	—

vazás is megkezdődött, először csak a Dunántúlról, aztán az ország egész területéről havazást jelentettek. Ekkor az ország középső és déli részén az átlagnál több csapadék hullott. Végül is a havi csapadékhozam a következő módon alakult: a Szombathely-Kisvárdra vonaltól északra kevesebb, mint 30 mm, délre 30-60 mm könnyvelhető el. Ez a mennyiség a Dunántúl délkeleti részén és északkeleten 5-15 mm többletet, másutt 5-30 mm hiányt jelent. A hó végén a Dunántúlon 10-20 cm, másutt 5-15 cm hótakaró borította a földeket.

1985. január

Január első harmadában gyakran voltak kisebb hózáporok, de a csapadékhozam csak az ország keleti részén érte el az átlagot, ugyanakkor a nyugati határszélen egyáltalán nem hullott csapadék. A középső dekádban viszont a Dunántúl nyugati felén hullott egy kevés hó, az ország többi részén szinte egyáltalán nem volt csapadék. A hónap utolsó harmadában is csak a keleti területek csapadékhozama érte el a szokásos mennyiséget, így a havi csapadékmérleg a következő: a Dunántúlon az elmaradás általában 20-40 mm, másutt 5-20 mm. A hideg időszakban 5-25 cm-es hótakaró borította az ország egész területét, ami később a hirtelen melegedés miatt már csak a hegyvidéken maradt meg.

1985. február

Február első harmadát bőséges havazás jellemezte. A hozam az Északi-hegyvidék kivételével mindenütt elérte az átlagot, és a dekád végére ismét 5-20 cm-es hótakaró borította az egész országot. A hónap hátra levő kétharmada viszont nem bővelkedett csapadékban. A középső dekádban a Dunántúl nagy részén egyáltalán nem esett, és később is csak jelentéktelen mennyiségben. Az Alföldön sem hullott néhány mm-nél több. A hó eleji nagy csapadékoknak köszönhetően az ország déli részén az átlagnál több csapadék könnyvelhető el, míg egy-egy kisebb körzetben 20 mm-nél is nagyobb a hiány. Az időszak folyamán a keleti területeken 10-20 cm-es (a hegyvidéken ennél is több) hótakaró borította a földeket, a Dunántúlon viszont fokozatosan csökkent a hóréteg vastagsága, a hó végén néhol már csak foltokban maradt meg.



LÉGNEDVESSÉG

1984. december

A hónap folyamán gyakran volt párázás a levegő. A hó elején is előfordult ködképződés, kezdetben csak éjszaka, aztán hamarosan egész nap megmaradt a köd, főleg keleten. A havi átlagos relatív nedvesség országszerte 85-90 % között alakult, nagy területi különbségek nem alakultak ki. A 13 órai átlag is mindenütt legalább 80 % volt, tehát a relatív nedvességtartalom napi menetében nem volt nagy ingás. Az átlagos telítési hiány 5-10 mbar között alakult.

állomás	átlagos relatív nedvesség %	relatív nedvesség 13 órai átlaga %	átlagos telítési hiány mb	a levegő párologtató képessége		
				dekád		
				összeg mm		
				1. dekád	2. dekád	3. dekád
Szombathely	92	88	5	8	9	4
Győr	89	81	7	9	8	4
Keszthely	89	84	7	7	7	4
Siófok	86	81	9	7	8	4
Pécs	89	87	6	6	9	5
Budapest	88	80	7	7	5	5
Szolnok	92	87	4	4	6	4
Szeged	89	84	6	6	9	3
Békéscsaba	92	84	4	6	6	3
Debrecen	90	84	5	6	5	5
Nyíregyháza	87	84	6	6	5	5
Miskolc	90	87	5	4	5	5

zött alakult. A levegő párologtató képessége az első dekádban 4-10 mm közé esett, lényegében ennyi volt a hónap középső harmadában is. Az utolsó dekádban – főleg nyugaton – csökkent, és sehol sem haladta meg az 5 mm-t. A Tiszántúl déli részén pedig alig érte el a 3 mm-t.

1985. január

Januárban is gyakran volt éjszakai ködképződés, amely gyakran napközben is megmaradt. Egyes helyeken zúzmara is képződött. A levegő relatív nedvességtartalma az előző havihoz képest némileg csökkent, a 90 %-ot sehol sem érte el, és néhol 80 % alatt maradt. Az utolsó dekád meleg időjárása miatt a 13 órai átlagok most jobban eltérnek a havi átlagtól. A te-

állomás	átlagos relatív nedvesség %	relatív nedvesség 13 órai átlaga %	átlagos telítési hiány mb	a levegő párologtató képessége		
				dekád		
				összeg mm		
				1. dekád	2. dekád	3. dekád
Szombathely	83	78	7	4	5	10
Győr	82	74	7	3	5	11
Keszthely	83	75	8	4	6	10
Siófok	79	74	10	3	5	8
Pécs	85	82	2	2	4	11
Budapest	79	72	9	3	5	10
Szolnok	86	79	5	2	3	9
Szeged	85	79	6	2	3	12
Békéscsaba	84	76	6	2	3	10
Debrecen	82	75	7	3	4	9
Nyíregyháza	81	73	7	4	4	8
Miskolc	88	83	4	2	3	5

lítési hiány nőtt a decemberihez képest, de csak egy-két mbar-t. A levegő párologtató képessége az első dekádban igen alacsonynak bizonyult, 2-4 mm között ingadozott országszerte, és alig volt magasabb a második dekádban is. A hónap utolsó harmadában történt felmelegedés hatására a

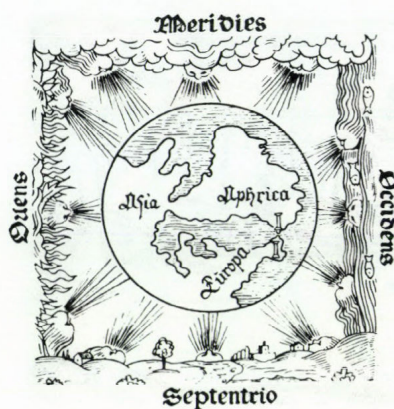
harmadik dekádban ez az érték a legtöbb helyen elérte a 10 mm-t, de pl. Miskolc környékén még mindig csak 5 mm adódott.

1985. február

A levegő átlagos relatív nedvességtartalma tovább csökkent, a Dunántúlon

állomás	átlagos relatív nedvesség %	relatív nedvesség 13 óras átlaga %	a levegő párologtató képessége átlagos telítési hiány mb	dekád		
				összeg mm		
				1. dekád	2. dekád	3. dekád
Szombathely	79	72	10	10	6	6
Győr	78	69	11	10	5	6
Keszthely	78	67	11	11	6	5
Siófok	77	73	11	8	5	5
Pécs	83	82	8	11	4	4
Budapest	76	67	11	10	5	5
Szolnok	82	73	8	8	4	3
Szeged	80	72	9	11	4	4
Békéscsaba	81	71	8	6	3	3
Debrecen	86	79	5	5	3	3
Nyíregyháza	77	70	8	6	4	4
Miskolc	84	80	6	5	4	3

már csak Pécs környékén érte el a 80 %-ot. A keleti területeken ennél valamivel magasabb értékek adódtak, az átlagos páratartalom csak északkeleten maradt 80 % alatt. A 13 órai átlag tovább csökkent, több helyen a 70 %-ot sem érte el. Tovább nőtt az átlagos telítési hiány is, a Dunántúlon – Pécs kivételével mindenütt – elérte a 10 mbar-t, keleten viszont még mindenütt alatta maradt. Az első dekádban a levegő párologtató képessége a Dunántúlon ugyanúgy alakult, mint januárban az utolsó dekádban, keleten viszont némileg kevesebbnek bizonyult. Ugyanakkor a második és harmadik dekádban az elsőhöz képest a felére esett vissza a levegő párologtató képessége.



SZÉL

1984. december

E hónap időjárását nagy kiterjedésű és hosszantartó anticiklonális helyzetek határozták meg. Ez azt jelentette, hogy erős vagy viharos erejű széllel

állomás	maximális szélhőkés			viharos napok száma
	iránya	sebessége m/s	napja	
Szombathely	N	18,5	31.	2
Győr	NNW	20,2	11.	1
Keszthely	NNW	22,9	11.	2
Siófok	NW	20,1	11.	2
Pécs	N	24,0	22.	1
Budapest	NW	20,9	11.	2
Szolnok	NW	11,6	11.	—
Szeged	WNW	20,7	11.	1
Békéscsaba	S	15,1	17.	1
Debrecen	NW	12,2	11.	—
Nyíregyháza	N	16,6	11.	1
Miskolc	W	11,9	11.	—

párosult frontátvonulás csak ritka esetben zavarta meg a csendes napokat. A viharos napok száma a nyugati országrészben 1-2, a keleti területeken legfeljebb egyszer fordult elő, egyes körzetekben pedig egyáltalán nem volt viharos szél.

1985. január

Január az előző havinál változókegyebb időjárású volt. Több időjárási front vonult át az országon és elsősorban a Dunántúlon okozott erős, többször viharos erejű szelet. A viharos

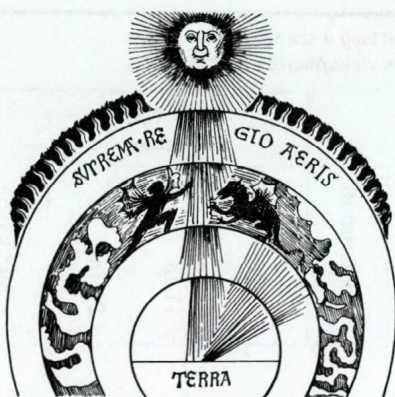
állomás	maximális szélhőkés			viharos napok száma
	iránya	sebessége m/s	napja	
Szombathely	N	21,1	5.	5
Győr	SSW	21,7	26.	7
Keszthely	NNW	19,4	5.	8
Siófok	NNW	28,3	5.	6
Pécs	NNW	21,4	24.	6
Budapest	NNW	21,8	28.	6
Szolnok	S	11,0	26.	—
Szeged	SW	19,4	24.	4
Békéscsaba	S	14,3	22.	—
Debrecen	N	18,1	28.	2
Nyíregyháza	NNE	18,1	5.	3
Miskolc	NNW	11,0	5.	—

napok száma a Dunántúlon 5-8 volt, az Alföldön ennél lényegesen kevesebb, mindössze 2-4 alkalommal fordult elő, néhány helyen (Szolnok, Békéscsaba körzetében) nem észleltek viharos napot.

1985. február

A januári időjáráshoz hasonlóan több olyan frontátvonulás volt hazánk területén, amelyet viharos erejű szél kísért, az ország területén, általában 4-7 alkalommal fordult elő viharos szél. A legtöbb viharos napot – 14-et – Szombathelyen észlelték, Szolnokon csak egyszer fordult elő.

állomás	maximális szélhőkés			viharos napok száma
	iránya	sebessége m/s	napja	
Szombathely	N	26,2	3.	14
Győr	NNW	23,3	3.	8
Keszthely	NNW	25,2	4.	4
Siófok	NNW	33,2	3.	7
Pécs	N	30,2	3.	6
Budapest	NNW	34,0	3.	7
Szolnok	WNW	22,2	3.	1
Szeged	NW	33,4	3.	7
Békéscsaba	NW	26,6	3.	4
Debrecen	NW	25,2	3.	5
Nyíregyháza	N	20,6	3.	4
Miskolc	W	15,6	2.	2



TALAJHŐMÉRSÉKLET

1984. december

A tél első hónapjának középhőmérséklete alacsonyabb volt az átlagosnál. A Dunántúlon mindössze pár tized fokkal, de a keleti országrészben 1-3 fokkal volt alacsonyabb. Ez a körülmény a talajhőmérséklet alakulására is hatott. A nyugati országrészen a hó végéig nem volt fagyott a talaj, csupán a hó legvégén kialakult tartósan hideg napok hatására kezdett erőteljesebben hűlni. Az Alföldön és az Északi-hegyvidék területén a talaj legfelső talajrétege már a hó közepén fagyott volt és a hónap végére a fagy 10 cm-ig hatolt le.

1985. január

Január első két dekádja szokatlanul hideg volt, a -8, -11 fokos átlaghőmérsékletek is ezt mutatták. A talaj tovább hűlt. Néhány helyen a talajfagy mélysége a hónap közepén elérte az 50 cm-es mélységet is.

1985. február

A január végi, február eleji melegebb periódusban kissé engedett a talajfagy. Az újabb lehűlés és a zord időjárás következtében a talajfagy mélysége elérte és meghaladta a 20 cm-t, helyenként, főként az északi területeken az 50 cm-t is. Mind a januári, mind a februári hideg periódus idején a 10-20 cm-es mélységben a -4, -6 fokos hőmérsékletek sem voltak ritkák.

állomás	átlagértékek 5 cm mélységben			átlagértékek 10 cm mélységben		
	1. dekád	2. dekád	3. dekád	1. dekád	2. dekád	3. dekád

1984. december

Szombathely	1,3	1,2	-0,0	1,2	1,0	-0,1
Győr	0,8	0,0	-0,2	1,1	0,2	-0,1
Keszthely	2,0	1,4	0,7	2,1	1,3	0,6
Siófok	0,4	0,2	0,3	0,6	0,3	0,3
Pécs	1,4	1,3	0,6	1,6	1,3	0,7
Budapest	0,4	-0,2	-0,2	1,0	0,4	0,3
Szolnok	0,5	0,2	-0,4	1,1	0,6	0,3
Szeged	0,2	0,6	0,0	0,8	0,8	0,4
Békéscsaba	-0,5	-0,6	-0,7	0,3	-0,1	-0,1
Debrecen	-0,4	-0,8	-1,1	-0,1	-0,7	-0,9
Nyíregyháza	-0,2	-1,1	-0,9	0,4	-0,5	-0,5
Miskolc	-0,1	-0,7	-0,9	0,8	-0,2	-0,4

1985. január

Szombathely	-5,5	-6,2	-0,8	-5,1	-6,4	-1,2
Győr	-5,5	-6,3	-0,9	-4,5	-5,9	-1,1
Keszthely	-2,7	-4,6	-0,4	-2,2	-4,4	-1,0
Siófok	-4,4	-5,7	-0,9	-3,2	-5,2	-1,1
Pécs	-2,7	-4,1	-0,4	-2,1	-3,7	-0,7
Budapest	-4,3	-5,9	-1,1	-3,0	-5,2	-1,1
Szolnok	-2,8	-4,8	-0,8	-1,9	-4,0	-0,9
Szeged	-3,8	-6,9	-0,9	-2,9	-5,5	-0,6
Békéscsaba	-4,7	-7,4	-0,7	-3,8	-6,5	-0,8
Debrecen	-2,7	-4,3	-1,0	-2,4	-4,0	-1,1
Nyíregyháza	-3,6	-5,9	-0,9	-2,8	-5,2	-1,3
Miskolc	-2,8	-5,5	-1,6	-2,1	-4,7	-1,4

1985. február

Szombathely	-0,5	-6,4	-1,8	-0,5	-5,4	-1,7
Győr	-0,3	-4,7	-1,9	-0,4	-3,6	-1,9
Keszthely	0,0	-4,2	-2,0	-0,6	-4,1	-2,3
Siófok	-0,6	-5,7	-2,6	-0,7	-4,9	-2,5
Pécs	0,1	-2,3	-2,2	-0,0	-2,1	-1,9
Budapest	-0,3	-4,9	-3,1	0,2	-4,3	-2,8
Szolnok	0,7	-3,7	-3,3	-0,5	-2,7	-2,9
Szeged	-0,4	-4,9	-4,1	-0,3	-3,5	-3,2
Békéscsaba	-0,6	-5,8	-4,3	-0,4	-4,9	-3,8
Debrecen	-1,7	-5,1	-3,8	-1,7	-4,5	-3,5
Nyíregyháza	-0,9	-4,0	-3,2	-1,2	-4,1	-3,5
Miskolc	-2,5	-6,3	-4,8	-1,8	-5,7	-4,6



állomás	telítettség a szántóföldi hasznos vízkapacitás %-ában							
	0 - 50 cm réteg				50 - 100 cm réteg			
	1-én	11-én	21-én	utolsó napon	1-én	11-én	21-én	utolsó napon

1984. december

TALAJNEDVESSÉG

1984. december

Ősszel és a tél elején lehullott csapadék leszivárgott és megnövelte a talaj nedvességtartalmát. A nyugati és az északi országrészben a talaj nedvességtartalma — elsősorban a felső 50 cm-ben — kedvezően alakult.

Az aszály sújtotta alföldi területeinken a talaj nedvességtartalma még nem érte el a kedvező szintet. Januárban és februárban a talaj felső rétege fagyott volt, ezért a számított nedvességtértek sem mutathatták a valós értéket, így nem közöljük azokat.

Szombathely	64	60	72	83	70	73	75	75
Győr	77	72	70	80	73	77	80	80
Keszthely	80	74	96	99	72	77	81	81
Siófok	82	77	93	99	74	78	82	82
Pécs	62	60	70	82	62	66	68	68
Budapest	89	82	93	94	80	85	89	89
Szolnok	56	57	68	70	56	60	62	62
Szeged	48	48	62	71	57	60	62	62
Békéscsaba	65	65	80	89	63	66	72	72
Debrecen	73	70	99	98	68	72	80	80
Nyíregyháza	80	77	92	99	73	77	83	83
Miskolc	62	62	65	68	63	66	68	68

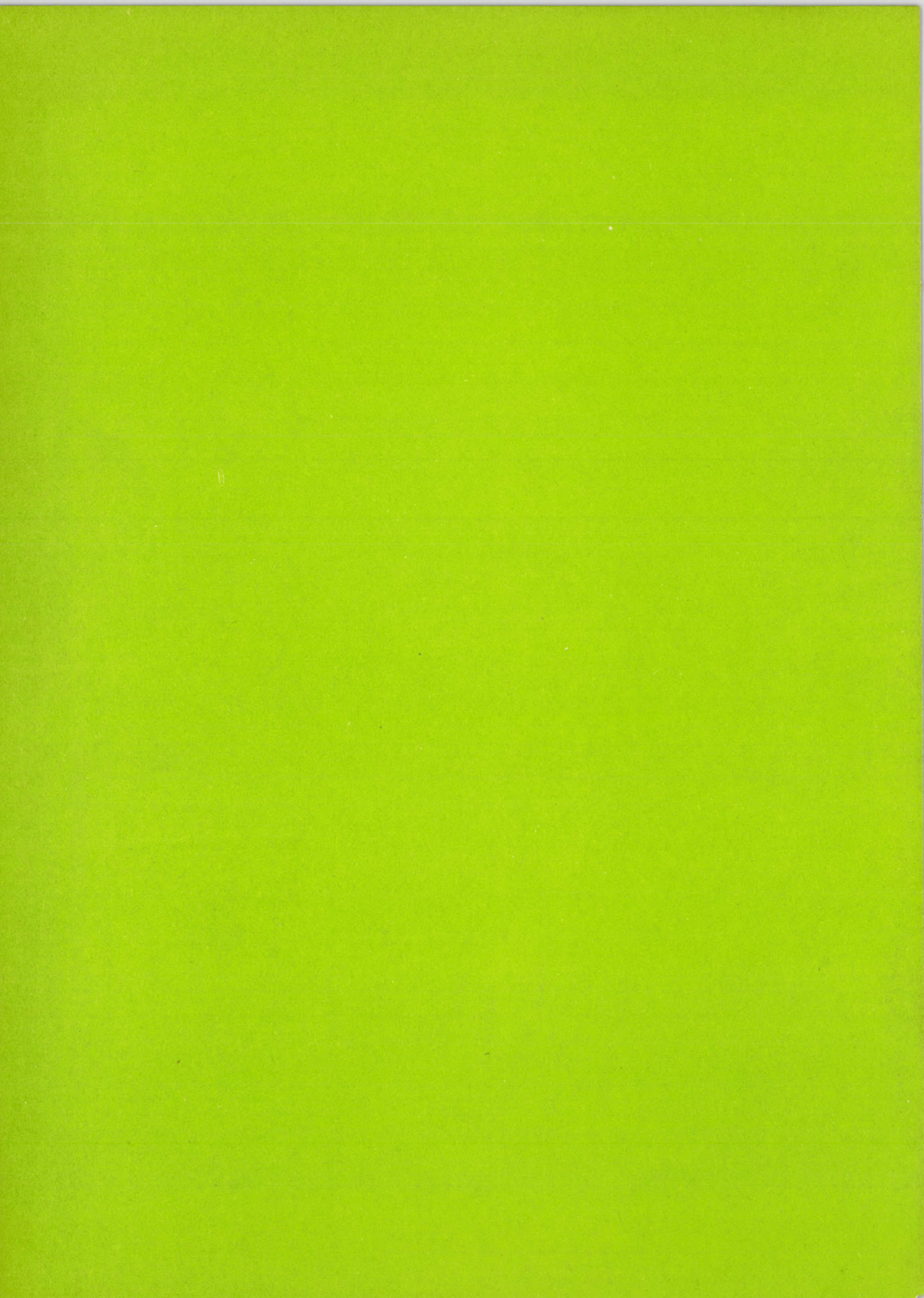


HÓTAKARÓ

A talajnedvesség helyett a hó néhány karakterisztikájának januári és februári értékeit mutatjuk be. Nevezetesen a hótakarós napok 1985. évi és a sokévi átlagos számát az adott két hónapra, továbbá az idei év maximális januári és februári hóvastagságát s e jellemző sokévi átlagát. (A sokévi átlagok Péczely György: „A hótakaró gyakorisága Magyarországon” című művéből származnak.) Az adatokból látható, hogy az 1985. év első két hónapjában az ország túlnyomórészen az időszaknak legalább a kétharmadában fedte hótakaró a talajt. A maximális hóvastagság tekintetében a tárgyalt két téli hónap nem tér el jelentősen a sokévi átlagtól.

Összefoglalva: az idei hideg tél a hótakaró vastagságát tekintve átlag körüli lett, csak a hótakaró fennmaradása volt jóval tartósabb, mint máskor.

Állomás	Január				Február			
	Hótakarós napok száma		Maximális hóvastagság cm		Hótakarós napok száma		Maximális hóvastagság cm	
	1985.	sokévi átlag	1985.	sokévi átlag	1985.	sokévi átlag	1985.	sokévi átlag
Szombathely	22	15	12	15	3	10	2	17
Győr	22	15	14	13	18	12	10	20
Keszthely	22	14	13	14	20	11	25	18
Siófok	22	14	13	13	20	11	18	17
Pécs	23	11	27	13	20	9	23	16
Budapest	23	16	8	13	20	11	16	15
Szolnok	25	14	14	11	21	9	16	10
Szeged	24	14	28	14	20	10	13	15
Békéscsaba	24	15	24	12	21	11	13	11
Debrecen	25	16	21	15	20	11	22	15
Nyíregyháza	25	17	19	12	21	11	15	12
Miskolc	26	17	20	13	20	12	13	13

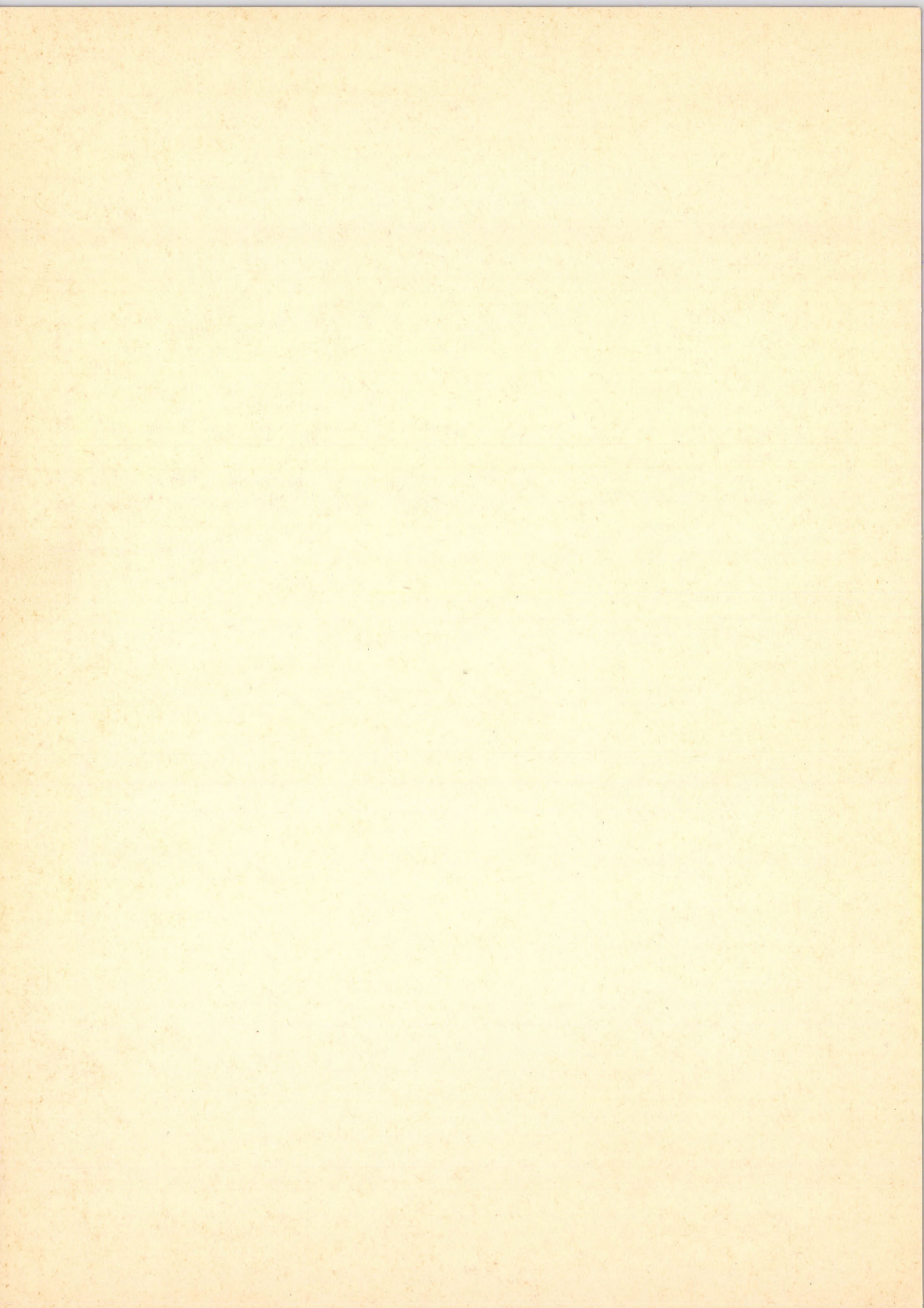


LÉGKÖR

XXX. évfolyam

1985. 3. szám





LÉGKÖR

Megjelenik negyedévenként

XXX. évfolyam
1985. 3. szám

Felelős szerkesztő:

Dr. Ambrózy Pál
a szerkesztő bizottság
elnöke

Operatív szerkesztők:

Dr. Csomor Mihály
Dr. Szabó Emilné

Szerkesztő bizottság:

Bóna Márta
Bozó Pál
Dunay Sándor
Haszpra László
Dr. Kozma Ferencné
Mezősi Miklós
Dr. Rákóczi Ferencné
Schirokné Kriston Ilona

Technikai szerkesztő:

Máthé Gyuláné

Grafika és tipográfia:

Kádiné Honyák Ágnes
Szekrényi Anikó

ISSN 0133-3666

A kiadásért felel:

Barát József, az OMSZ elnöke

Készült:

Az
Országos Meteorológiai Szolgálat
Házinyomdájában
1500 példányban
Évi előfizetési díja: 144,- Ft
Megrendelhető:
Az OMSZ Pénzügyi Osztályán
Msz: 85.719

AZ
ORSZÁGOS
METEOROLÓGIAI
SZOLGÁLAT
SZAKMAI
TÁJÉKOZTATÓJA

TARTALOM

A címlapon:

A BÉKÉSCSABAI ÚJ FŐÁLLOMÁS
ÉS IONOSZFÉRAKUTATÓ OBSZERVATÓRIUM
(Zárbok Zsolt felvétele)

Dr. Götz Gusztáv: Évtizedünk érdeklődésének homlokterében: az ÉGHAJLAT (II. rész)	2
Mezősi Miklós — Dr. Szabó Emilné: Interjú Dr. Kakas Józseffel	9
Dr. Mika János: Itt Meteor 111, Zánka!	12
Takácsné Dr. Bónis Katalin: A mesterséges eredetű légköri radioaktivitás	13
Kislexikon	18
Dr. Rákóczi Ferenc: A Venus meteorológiája I. A légkör felépítése és anyagi összetétele	19
Dévényi Dezső — Pártai Lucia: Műholdas információk távirati formában	21
Dr. Béll Béla: Két éjszaka a kórházban	24
Dr. Hallamné Lépp Ildikó: Tornádó Kanadában	28
Dr. Roncz Béla: Vároklíma mérések Egerben	31
Weingartner Ferenc: Új obszervatórium Békéscsabán	33
Dr. Csomor Mihály: Rajnoha János, 1910-1985.	34
Mezősi Miklósné: Völgyesi Sándor, 1921-1985.	34
Olvastuk ...	35
Dr. Csomor Mihály: 100 éve történt	36
Magyarország időjárása 1985. tavaszán	37

Évtizedünk érdeklődésének homlokterében: az ÉGHAJLAT (II.)

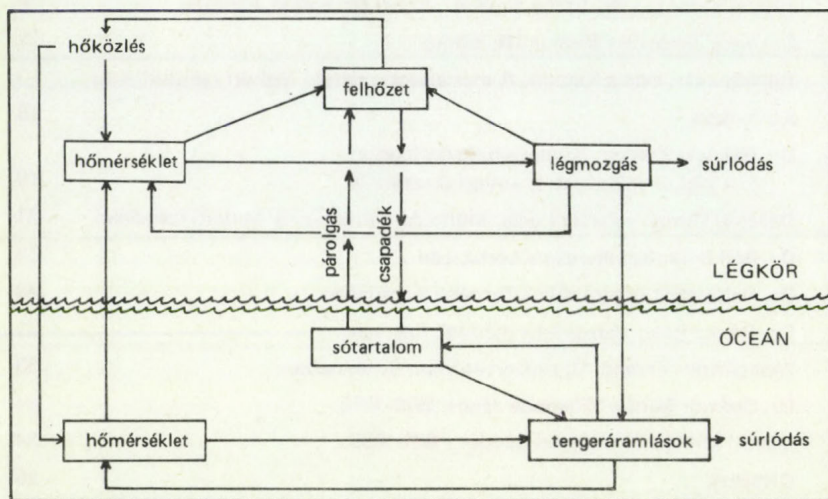
Az éghajlat determináltságáról,
egyértelműségéről és ugrásszerű meg-
változásának lehetőségéről

Az éghajlati rendszer bonyolult volta miatt könnyen elképzelhető, hogy a feltételezett kényszerek többségének valóban lehetett valamiféle hatása a múlt éghajlatára. Az okot és annak következményeit különben sem mindig könnyű elhatárolni, mivel a rendszer összetevőinek állapotát számos ismert (és valószínűleg ugyancsak számos még fel nem tárt) belső visszacsatolási mechanizmus alakítja (7. ábra), e visszacsatolások pedig erősíthetik, de

ges-e okvetlenül a külső kényszerek megváltozásában keresni az éghajlat megfigyelt változékonyságának a magyarázatát? Elméletileg ugyanis minden további nélkül elképzelhető, hogy a változékonyság teljes spektrumáért – még a leghosszabb periódusú változásokért is – nem determinisztikus tényezők a felelősek, hanem minden éghajlatmódosulás a rendszeren belüli sztochasztikus folyamatok következménye.

Bonyolult interaktív rendszerek esetében, amelyekben a kölcsönhatások nem-lineáris természetűek – és az éghajlati rendszer ebbe a kategóriába esik –, az elmélet nem garantálja a

értékkészletéhez nem egyértelműen tartozik egy és csakis egy stabilis éghajlati állapot. Hogy a két vagy több lehetséges egyensúlyi állapot közül az éghajlati rendszer ebben az esetben melyiket választja, az a kezdeti értékek megadásától függ, vagy más megvilágításban: az idő szerint képezett átlag és a halmazátlag nem azonos. Lényegében tehát itt arról van szó, hogy egyáltalában nem mindegy, hogy az éghajlati rendszer milyen úton-módon (a légköri állapotok milyen kronológiai sorozatán át) kerül egyensúlyba a külső kényszerekkel: nem elég a fázistérben a légköri állapotok sokaságát tekinteni és ennek a struktúráját jellemezni, hanem konkrétan meg kell vizsgálni azt a trajektóriát, amelyet az állapotpont az idő folyamán a fázistérben leírt. Amennyiben valóban így áll a helyzet, akkor azt mondjuk, hogy az éghajlati rendszer (mint dinamikai rendszer) nem elégíti ki az ergoditív feltételét, azaz a rendszer intranzitív. A *katasztrófa-ugrások* lehetősége pedig azt jelenti, hogy a klímaállapot egy új, az előzőtől gyökeresen eltérő stabilis egyensúlyi helyzetbe billenhet át valamelyik külső kényszer értékének már egy egészen csekély megváltozása következtében is (8. ábra). A vezérlő paraméterek terében azoknak a pontoknak a halmazát, amelyeknél a rendszer állapota ilyen ugrásszerű változást mutat, *bifurkációs halmaznak* szokták nevezni. Ebben az új szituációban az éghajlati rendszer állapota már az új egyensúlyi helyzet felvételére törekszik; a fázistérben szemlélve a folyamatot, úgy tűnik, hogy ezentúl az éghajlatnak ez az új állapotpontja „vonzza magához” a ténylegesen realizálódó



7. ábra:

A kapcsolt légkör-óceán rendszer főbb fizikai elemei és visszacsatolási folyamatai.

csillapíthatják is az elsődleges perturbációt. Az elméleti klimatológiában ezért vetődik fel gyakran az éghajlat determináltságának a kérdése: szüksé-

klíma unicitását és sima (katasztrófától mentes) változékonyságát sem. Az *unicitás* hiánya azt jelenti, hogy az éghajlati kényszerfüggvények rögzített

állapotpontokat. Ezért a matematikusok ezt az egyensúlyi pontot *attraktornak* szokták nevezni, annak teljes vonzáskörét pedig (tehát a fázistérnek azt a tartományát, amelyen belül az időjárás egy adott éghajlat mellett fluktuál) az *attraktor medencéjének* hívják. A katasztrófaelmélet új, gyorsan fejlődő ága a matematikának, és szépen sokasodik azoknak a kutatásoknak a száma, amelyek a klíma múltbeli megváltozásait (elsősorban a Föld eljegesedési időszakait) ennek az elméletnek a keretében próbálják meg értelmezni.

A sztochasztikus klímaváltozásokról

Minden bizonnyal helytelen magatartás lenne a klíma indetermináltságának és többértelműségének a lehetőségét olyan körülményként felfogni, ami miatt céltalan, illetve reménytelen vállalkozás a klímaváltozások oksági elemzése. Ami az *intranszitiv* jelleget illeti, általában feltételezzük, hogy az éghajlati rendszer nem tartozik a dinamikai rendszereknek ebbe a nem kívánatos kategóriájába, noha az ergoditás tényét valószínűleg soha nem leszünk képesek egzaktul bizonyítani. (A bizonyítás direkt módja az lenne, hogy bolygónkat elfedjük a Nap elől, hagyjuk az általános légkörzést leállni és Földünket kihűlni. Azután megengedjük, hogy megint süssön a Nap, és ha ezt követően ismét az ismert és megszokott klímaövek alakulnak ki égéstűnkön, akkor elmondhatjuk, hogy a földi éghajlati rendszer valóban transzitiv.)

A klímaváltozékonyság *sztochasztikus* jellege viszont sokkal markánsabb tulajdonsága az éghajlati rendszer viselkedésének annál, semhogy ugyanilyen könnyen napirendre térhetnénk fellette. Bizonyítja ezt a jogos érdeklődést az a tény is, hogy a *determinisztikus* klímamodellek két nagy típusa — az általános cirkulációs modellek és a statisztikus-dinamikai modellek — mellett a közelmúltban megjelent harmadikként a *sztochasztikus* klímamodellek családja.

A determinisztikus jellegű klímamodellek közös tulajdonsága, hogy ezek keretében az éghajlat — pontosan annak „determináltságából” eredően — csak akkor változhat, ha megváltoz-

nak az éghajlati rendszerre ható külső kényszerek. A klímaváltozás a külső kényszer módosulásának lehet a *direkt* következménye, de bekövetkezhet az éghajlat megváltozása *közvetett* formában is, nevezetesen úgy, hogy az éghajlati rendszeren belül fellépő pozitív (instabilis) visszacsatolási mechanizmus felerősíti a rendszernek a változó külső kényszerre való reagálását. A direkt hatásokkal foglalkozó kutatások notórius problémája az, hogy a feltételezett ok-következmény kapcsolat általában nem eléggé erős a megfelelő idősor alapján történő közvetlen verifikációhoz. Az indirekt kapcsolatok elemzésével pedig az az alapvető baj, hogy a modellek (valószínűleg a túlzott szimplifikációjuk miatt) az éghajlat változékonyságát legtöbbször billegő átmenetekként írják le, és így képtelenek a variancia megfigyelt folyamatos spektrumát reprodukálni.

A sztochasztikus klímamodellek konstruktőrei az éghajlati változékonyság struktúráját kizárólag a rendszer *belső* folyamataival magyarázzák, mégpedig abból a feltételezésből kiindulva, hogy a klíma módosulásáért nem okvetlenül a külső hatások, illetve a belső instabilitások a felelősek. A gondolatmenet logikája ebben az esetben az, hogy az éghajlati rendszer rövid igazodási idejű, gyorsan változó összetevőjének a folyamatai véletlenszerű kényszert gyakorolnak a rendszer nagyobb tehetlenségű, lassan változó komponensére. A rendszer lassan reagáló összetevője ennek a szabálytalan jellegű inputnak az integrátoraként viselkedik, azaz pontosan úgy egyesíti az öt érv hatásokat, miként a könnyű részecskék sokaságába ágyazott nehéz részecskék akkumulálják a könnyű részecskék által rájuk kifejtett erőket. Ha a visszacsatolásokat nem vesszük figyelembe, akkor a lassú rendszer eredő „Brown-féle mozgása” egy adott kezdeti állapothoz viszonyítva olyan véletlenszerű klímavariáciát eredményez, amelyben a valószínűségeloszlás tágassága az idő négyzetgyökével folyamatosan növekszik. A lassú komponens statisztikailag stacionárius reagálása érdekében tehát a modellbe stabilizáló negatív visszacsatolási folyamatokat kell beépíteni. Ilyenformán a sztochasztikus klímamodellek esetében az éghajlat változékonyságának a problémája nem úgy vetődik fel, hogy melyek azok a

pozitív visszacsatolások, amelyek fokozzák a külső kényszerek kis megváltozásait, hanem éppen ellenkezőleg: melyek az éghajlati rendszernek azok a negatív visszacsatolási mechanizmusai, amelyeknek jelen kell lenniök annak érdekében, hogy kiegyensúlyozzák a gyors összetevő részéről érkező sztochasztikus kényszerek által keltett folyamatos klímafluktuációkat.

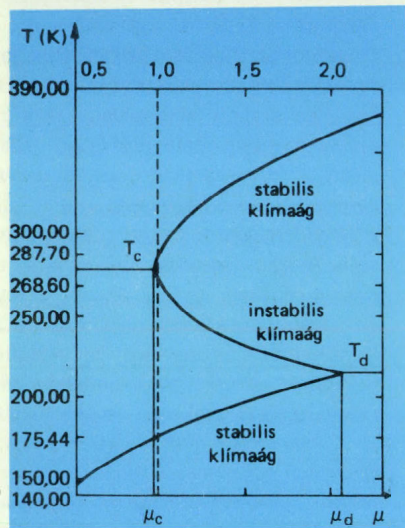
A sztochasztikusan vezérelt éghajlat modelljeiben a rendszer gyorsan változó összetevője lényegében a légkör, amely a maga rövid időskálájú „időjárás” folyamataival szakadatlanul gerjeszti a vele kapcsolatban álló, de nálánál lényegesen nagyobb tehetlenségű, hosszú igazodási idejű szférákat, azaz a rendszer lassan változó részét: az óceánokat, a tengeri jégmezőket, a kontinentális krioszférát, a felszíni vegetációt stb. Ennek a modellcsaládnak a legfőbb gyakorlati értéke abban van, hogy az éghajlati időskálán a lassú összetevő elemeinek (például a tengerfelszín hőmérsékletének) bizonyos fokú előrejelezhetőségét garantálja; ehhez a prognosztizált állapothoz — mint módosult „külső kényszerhez” — a megfelelő klímaállapot már a hagyományos determinisztikus modellek valamelyikével rendelhető hozzá.

Negyedkori éghajlatváltozások

Közvetlen és közvetett tények sokasága tanúskodik amellest, hogy az éghajlat a Föld 4,6 milliárd évre visszatekintő múltja során az összes időskálán változott, fluktuál a jelenben — és feltételezzük, hogy az éghajlatnak ez a változékonyság jellege a jövőben is megmarad. A legkisebb periódusú — és egyben legmarkánsabb — klímaváltozásokat a jégkorszakok feltűnése jelenti. Az ún. *negyedkori jégkorszak*, amelynek most a napjait éljük, legalább 2 millió évvel ezelőtt kezdődött, és legalább a hetedik azoknak a jégkorszakoknak a sorában, amelyek 100-300 millió évenként szakították meg a múltban a Föld „normális”, tehát lényegesen melegebb és teljesen jégmentes állapotát.

A jelenkori jégkorszak legjellemzőbb tulajdonsága az a mintegy 20 egymást követő *glaciációs ciklus*, amelynek időtartama 70 000 és 120 000 év között ingadozott. E ciklusokat az *inter-*

glaciális és a glaciális periódusok ismételt váltakozása alkotja: egy-egy ciklus interglaciális fázisában a földi jég térfogata a glaciális érték egyharmadára redukálódik a tengerszint 100 m-es nagyságú emelkedése kíséretében. Az interglaciálisok legmelegebb (nagyjából a jelenlegi éghajlattal összehason-



8. ábra:

A földfelszín T egyensúlyi globális középhőmérsékletének függése a szoláris energia input μ értékétől egy egydimenziós éghajlati modell szerint. A $\mu = 1$, $T = 287,70$ K pont az éghajlati rendszer jelenlegi állapotát jelenti. A (μ_c, T_c) és a (μ_d, T_d) bifurkációs pontokból az egyensúlyi görbe két ága indul ki; az A és a C görbeszakasz stabilis, a B görbeszakasz pedig instabilis termikus egyensúlyi állapotokat képvisel. Ha a szoláris energia input lassan a μ_c értékre csökken, akkor a rendszer hirtelen az új stabilis egyensúlyt jelentő $T = 175,44$ K hőmérsékletű mélyhűlt klímaállapotot vesz fel. Ellenkező irányú „katasztrófa-ugrás” következik be akkor, ha a redukált input a lassú növekedése során eléri a kritikus μ_d értéket.

lítható) szakaszai aránylag rövid (alig 10 000 éves) időtartamúak voltak, s a glaciálisból az interglaciálisba történő átmenetek minden esetben gyorsabbnak bizonyultak, mint a glaciális periódusok beköszöntései.

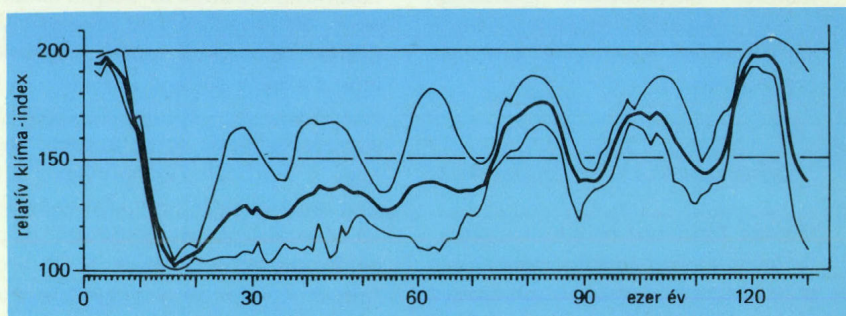
Az utolsó glaciációs ciklus kb. 125 000 esztendővel ezelőtt kezdődött el, és mintegy 10 000 esztendővel ezelőtt fejeződött be (9. ábra). A glaciális periódus mélypontját a 22 000-13 500 évvel ezelőtti időszakban érte el, amikor Közép-Európa éghajlata mintegy 15 fokkal volt hidegebb a jelenleginél. Az azt követően megkezdődött álta-

lános melegedési trend abban az i.e. 6000-3000 között uralkodott éghajlatban kulminált, amelyre általában *klímaoptimumként* szokás hivatkozni, és amikor a közepes földrajzi szélességeken az átlagos hőmérséklet 2,5 fokkal volt magasabb a mai értéknél. A Föld középhőmérsékletének a klímaoptimum utáni lassú csökkenése már egy újabb glaciális periódus beköszöntésének az előjele: ha helytállónak bi-

ével ezelőtti glaciális mélyponthoz hasonló állapotot az i.sz. 60 000. esztendőre várja (10. ábra).

Trendek az elmúlt évszázad éghajlatában

A ma emberét az említett ultrahosszútávú klímaprognózisnak a jogosultságánál és megbízhatóságánál természetse-

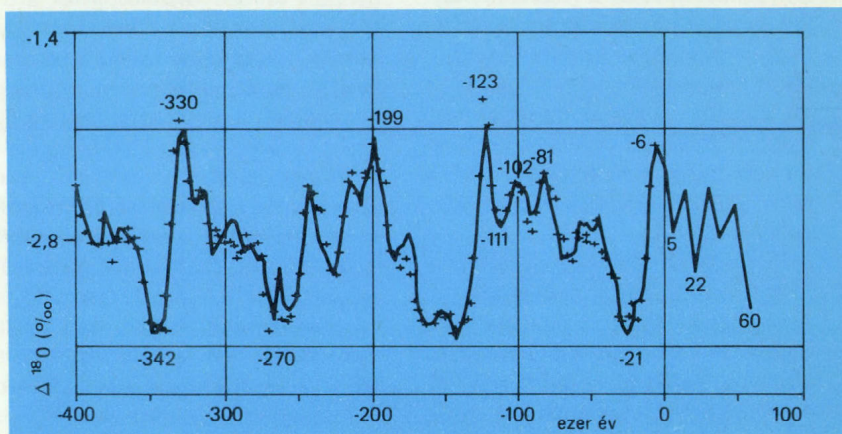


9. ábra:

Az elmúlt 130 000 év éghajlatának alakulása relatív skálaegységekben kifejezve. A relatív skálán 100 egység a glaciális periódus csúcsának, 200 egység pedig a posztglaciális klímaoptimum állapotának felel meg.

zonyul a *Milankovits-elmélet* néven ismert feltételezés, amely a glaciációs ciklus fellépését a Föld orbitális paramétereinek periodikus változásaival magyarázza, akkor — különben válto-

tesen sokkal inkább foglalkoztatja az éghajlatnak az eddig ismertettnél lényegesen rövidebb időskálájú ingadozása és a következő évszázad derekába átnyúló jövőbeni sorsa. Az el-



10. ábra:

Az elmúlt 400 000 év éghajlatának alakulása és előrejelzés az elkövetkező 60 000 évre. Az éghajlati állapotot a függőleges tengelyen a mélytengeri leletek oxigén-18 izotóp összetételének egységeivel jellemezzük.

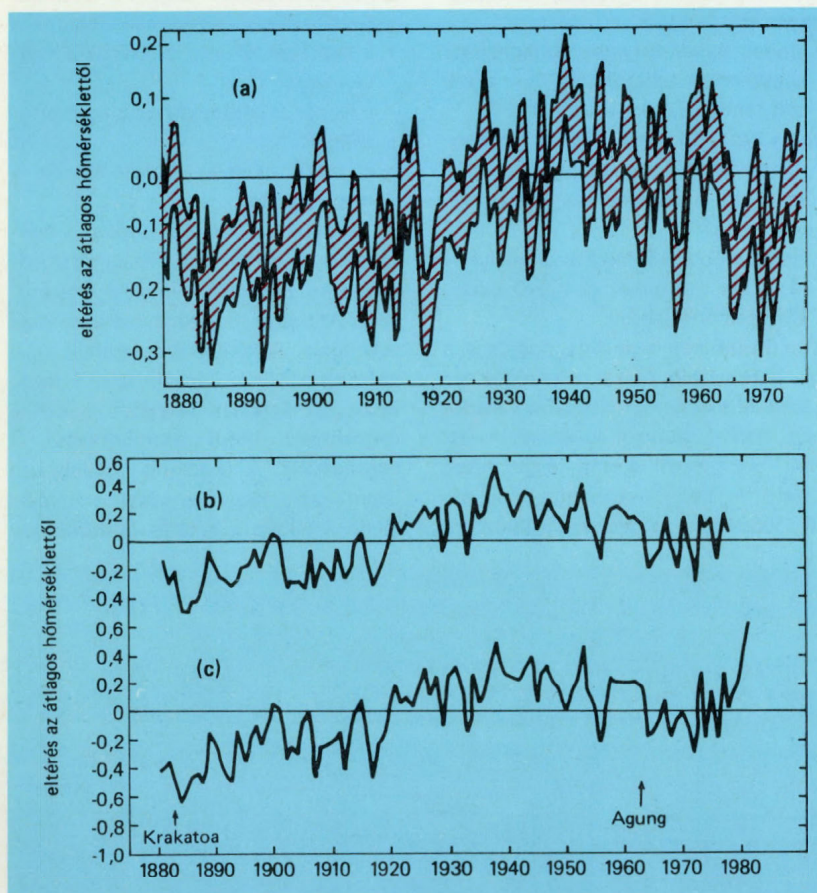
zatlan külső feltételek esetén — ez a hűlési folyamat az elkövetkező 25 000 év során tovább fog folytatódni. Az elmélet a földi klíma első hidegcsúcsait az i.sz. 6000., illetve 17 000. évek környékére jelzi előre, míg a 15 000

múlt két évtized során valóban számos kísérlet történt arra vonatkozóan, hogy megállapítsák: egyáltalában hogyan viselkedett a földi klíma például az utolsó évszázadban, léteznek-e szignifikáns trendek az éghajlatot jellemző

hemiszférikus vagy globális felszíni középhőmérsékletben, s ha igen, akkor azok miként magyarázhatók. Noha ez az időszak már a rendszeres műszeres mérések éráját öleli fel, maguknak a pusztá tényeknek megbízható feltá-

szféra (és valószínűleg az egész Föld) felszíni középhőmérséklete közelítőleg 0,5 fokkal magasabb, mint száz esztendővel ezelőtt volt. 1880-tól kezdődően tekintve a hőmérsékleti adatok idősorát, az északi he-

száz esztendeje (12. ábra). A tengerfelszín hőmérsékletének évszázados menete lényegesen simább képet mutat, mint a léghőmérséklet menete, ami kézenfekvő tény. Érthető az is, hogy a két hőmérsékleti menet általános trendje hasonló, de a kettő között mintegy húszéves időbeli eltolódás van: az óceánok a századfordulót követő évektől 1960-ig egyenletesen melegedtek, majd a hatvanas évek elején egy hűlési periódus vette kezdetét. Ami viszont még nem megmagyarázott jelenség, hogy a tengerfelszín hőmérsékleti menetében fellelhető domináns hullám amplitúdója néhány tizedfokkal nagyobb a levegő hőmérséklet-változásának amplitúdójánál. Hogyan tükröződnek az említett hőmérséklet-változások az éghajlati rendszernek azokban a komponenseiben, amelyek a légkör (illetve a légkör és az óceán) termikus állapotával közvetlen összefüggésben állnak? Az északi félteke tengeri jégmezőinek kiterjedéséről 1925 óta van bővebb és megbízhatóbb információ. Ez az adatsor szépen mutatja a légkör hőmérsékletében megfigyelt tendenciákat: a nyári tengerjég-volumen 1935-től 1960-ig széles minimummal rendelkezik, összhangban a klíma akkori mele-



11. ábra:

Az északi félteke felszíni éves középhőmérsékletének változékonysága az elmúlt 100 esztendő során (a) Yamamoto és Hoshiai, (b) Vinnyikov és munkatársai, (c) Jones és munkatársai szerint. Az (a) ábrán az árnyékolt sáv a becslült hiba 68 %-os konfidencia intervalluma.

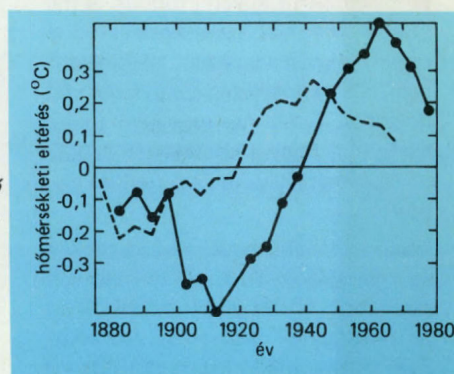
rása sem olyan egyszerű feladat, mint azt első pillanatban gondolnánk. A nehézségek oka részben abban keresendő, hogy számos állomás adata nem kellően reprezentatív, illetve az adatsorok inhomogén jellegűek, részben pedig abban rejlik, hogy a különböző kutatók eltérően szelektálják az adatokat, más és más referencia-időszakokat alkalmaznak, illetve eltérő átlagolási és interpolációs eljárást használnak. Mindazonáltal aránylag nagyfokú megbízhatósággal állíthatjuk a következőket (11. ábra):

a) A földi klíma az elmúlt évszázad folyamán általános melegedési trendet mutatott. Ma az északi hemi-

szféra legmelegebb esztendeje az 1981-es év volt: több mint 0,1 fokkal melegebb a sokáig kiemelkedően enyhének tekintett 1938-as év-nél.

b) Az évszázados általános melegedési trendre számos évek közötti és évtizedek közötti fluktuáció szuperponálódott. Ezek eredőjeként a globális éghajlat az 1880-as évektől kezdődően körülbelül 1940-ig melegedett, azt követően 1965-ig hűlési tendencia volt kimutatható, majd ismét melegedés kezdődött.

Az óceánok felszínének globális évi középhőmérséklete napjainkban körülbelül 0,4 fokkal magasabb, mint



12. ábra:

A tengerfelszín hőmérséklet öt éves mozgátlagának (folytonos vonal) és a globális felszíni léghőmérséklet éves átlagának (szaggatott vonal) változékonysága az elmúlt 100 esztendő során.

gebb voltával. Az 1960-as évek második nyári tengerjég maximumát követően jelenleg a tengeri jégmezők lassú zsugorodási tendenciája tapasztalható. A déli féltekéről származó megfigyelések igen gyérek; ma a megbízható információforrást a műholdas felvételek jelentik. Érdekes, hogy a teljes

információ fedettséget biztosító műholdfelvételek szerint az 1970-es években a tengerjég a déli óceánokon sokkal kevesebb volt, mint amennyit hajókról az 1930-as években megfigyelték. Ugyanakkor a műholdas képek szerint az Antarktisz körülölelő tengerjég kiterjedése az elmúlt tíz esztendő során semmi változást nem mutatott.

A kontinentális krioszféra legjelentősebb összetevője a hótakaró. Kiterjedésének összefüggése a légkör hőmérsékletével nem okvetlenül egyirányú; a marginális területeken az éghajlat melegedése valószínűleg a hómezők gyorsabb olvadását eredményezi, míg azokon a területeken (és évszakokban), ahol a hőmérséklet jóval a fagyponthoz alacsonyabb, a melegedés a levegő nagyobb telítési gőznyomásán keresztül több hóhullást, és így vastagabb és hosszabb életű hótakaró kialakulását vonhatja maga után. A műholdas felvételek szerint 1967 és 1979 között az északi félteke hómezői növekedtek, majd a hótakaró lassú zsugorodása kezdődött el. A gleccsereknek, valamint Grönland és Antarktisz jégmezőinek a termikus igazodási ideje lényegesen kisebb annál, semhogy az éghajlat most szóban forgó fluktuációit és ingadozásait követni tudnánk. A magasabb földrajzi szélességeken fekvő tavak jégviszonyainak alakulásáról nem áll rendelkezésre egységes feldolgozás. Ezért ma még nem tudjuk eldönteni, hogy a krioszféra ebben az összetevőjében milyen trendek mutatkoznak.

Végül a globális tengerszint ingadozása az a paraméter, amelyről említést kell tennünk. A tengervíz hőmérséklet-emelkedésének közvetlen következményeként a felső keveredési réteg és a termoklin zóna víztömege kiterjed – a számítások szerint a tengerfelszín hőmérsékletének egyfokos globális emelkedése 8 cm-es vízszintemelkedéssel jár. Ehhez járulnak azok a vízszintváltozások, amelyek a hó és a jég elolvadásából, illetve a földkéreg izosztatikus folyamataiból erednek. A legmegbízhatóbbnak tűnő, általánosan elfogadott becslések szerint jelenleg a tengerszint 7 cm/évszázad intenzitású emelkedése van folyamatban, ami alátámasztani látszik a klímának az ezen az éghajlati időskálán kimutatott melegedési trendjét.

Az évszázados éghajlati trendek lehetséges okai

A klímának az elmúlt évszázad folyamán tanúsított változékonyságát szemlélve azonnal felvetődik az oksági magyarázat kérdése:

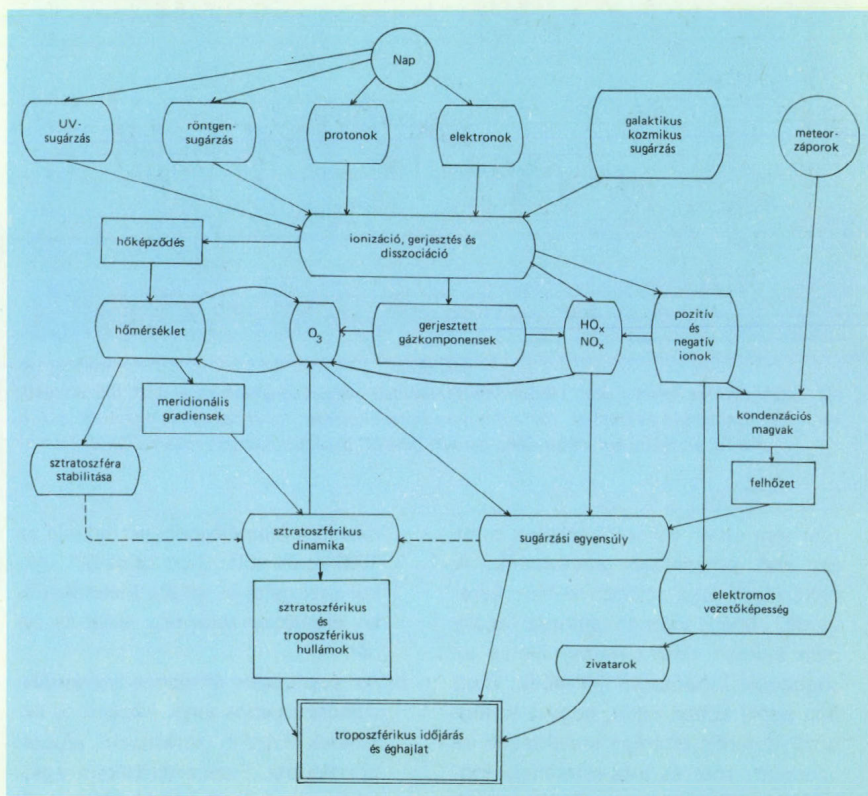
- Milyen fizikai folyamatok (éghajlati kényszerek) tehetők felelőssé a változott tendenciák kialakításáért?
- A változások okai között fellelhetők-e olyanok, amelyek egyértelműen az emberi tevékenységre vezethetők vissza?
- Ha az előbbi kérdésre a válasz igenlő, akkor mit jelent ez a jövő éghajlata szempontjából?

Jelen írásunknak nem célja, hogy a klímát befolyásoló összes lehetséges tényezőt felsorolja. Említést csak azokról a fizikai okokról kívánunk most tenni, amelyekről igazán joggal tételvezhető fel, hogy a szóbanforgó éghajlati időskálán szerephez juthatnak.

termikusan vezérelt fizikai rendszer. Ebből a felfogásból azonnal következik, hogy az éghajlati rendszer állapotában vitathatatlanul módosulást eredményez minden olyan változás, amely a rendszer sugárzás-, illetve hőegyensúlyát befolyásolni tudja. Az ilyen jellegű változások a következők lehetnek:

- a napsugárzás intenzitásának a megváltozása;
- a légkör átlátszóságának a megváltozása; és
- a légkör kémiai összetételének a megváltozása.

Az éghajlat változékonyságának a *naptevékenységre* történő oksági visszavezetése a legrégebbi múltra visszatekintő, de egyben a leghevesebben vitatott téma. A kérdés feltevésének logikai oldala aligha kérdőjelezhető meg, hiszen az éghajlati rendszer egyedüli szignifikáns külső energiaforrása a napsugárzás. A probléma inkább ott jelentkezik, hogy egyrészt a napállandó értékére a rakétás és műholdas



13. ábra:

A troposzférus időjárás és éghajlat alakulását a naptevékenységgel összekapcsoló néhány lehetséges mechanizmus diagramja

Ahhoz, hogy ezeket az okokat azonosítani tudjuk, abból a tényből indulunk ki, miszerint az éghajlati rendszer

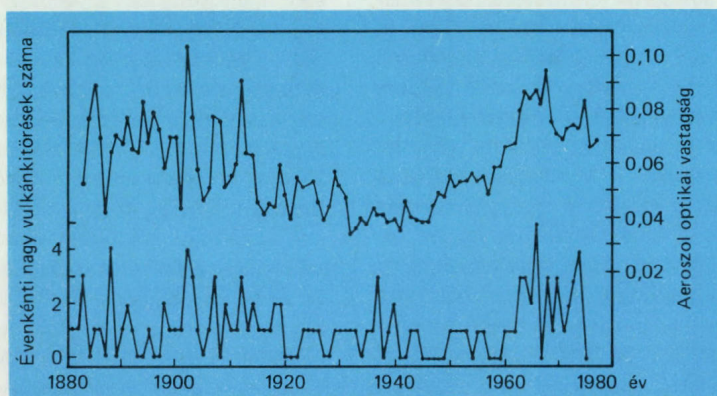
technika megjelenéséig kizárólag a légkör alsó részében végzett mérések alapján (tehát igen sok nem korrigál-

ható hibaforrással terhelt) lehetett csak következtetni, másrészt a napállandó változásait, illetve az éghajlat ingadozásainak különböző megnyilvánulásait a napkorongnak a földfelszínről megfigyelhető különböző jelenségeivel (a napfoltokkal, a flarekkel stb.) kísérelték meg korrelációs kapcsolatba állítani. Ami a probléma első részét illeti, a műholdas sugárzásmérések szerint a napállandó sokkal konstansabb, mint azt sokáig gondoltuk. A hetes időskálán 0,1-0,2%-os (gyaníthatóan a napfoltok feltűnésével összefüggő) értékcsökkenések figyelhetők meg, míg a napállandó éves átlaga az értékének alig a 0,075%-ával ingadozik. Ami pedig a 11, illetve 22 éves napfoltciklus és az éghajlatváltozások kapcsolatának a kérdését illeti, az imponáló számosságú korrelációkereső próbálkozás eredményeinek összehasonlítása meglehetősen kusza képet mutat: bizonyos adatok a földteke bizonyos pontjain és bizonyos időszakokban valóban

és máskor pedig a kapcsolatnak még a nyomai is hiányoznak. Összességében tehát a naptevékenység és a földi klíma kapcsolata ma még nem tisztázott kérdés. Nagyon valószínű, hogy az éghajlat szoláris vezérlésének színtere a napsugárzás ultrarövid hullám-sávú tartománya, amelyben ugyan az energiának csak az elenyészően kicsiny hányada érkezik, de ahol igazán jelentősek (esetenként a 100%-ot is elérik) az időbeli intenzitásváltozások. Maga a vezérlés nem közvetlen, hanem a felső légkör elektromágneses tulajdonságainak szoláris eredetű módosulásai azok, amelyek indirekt formában a troposzférába áttevődnek. A jövő kutatásának a feladata, hogy azokat a lehetséges mechanizmusokat feltárja, amelyek révén egy energetikailag kicsiny szoláris input energetikailag számottevő teresztrikus reakcióba (nevezetesen a troposzférikus klíma megváltozásába) vezet át (13. ábra). A légkörön belüli rövidhullámú su-

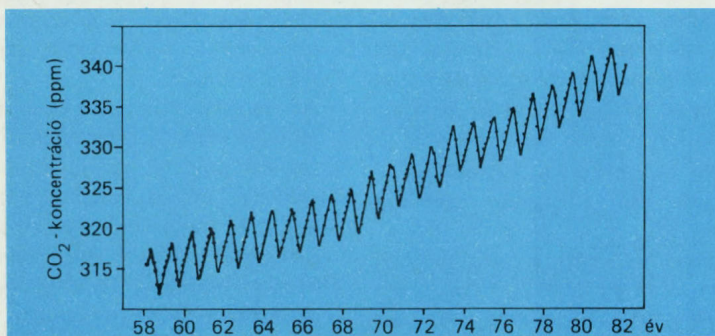
poszférikus aeroszol. A sztratoszférikus aeroszol koncentráció megváltozásának elsődleges oka a vulkán-tevékenység: egy-egy intenzív vulkánkitörés alkalmával nagymennyiségű vulkanikus por és hamu jut fel a légkör magasabb (esetenként az 50 km-es szintet is meghaladó) rétegeibe (14. ábra). A leghosszabb tartózkodási idejű aeroszokok azok a szubmikron méretű szulfátrészecskék, amelyek a kén-dioxid gáz oxidációjával keletkeznek; ez a szulfátréteg legtöbbször a 18-20 km-es szint tájékán alakul ki, és egy-egy vulkánkitörést követően évekig keresztlül eredményezheti a napsugárzás fokozott visszaverődését. A troposzférikus aeroszol koncentráció megváltozásában a természetes források mellett mind komolyabb szerephez jut az emberi tevékenység: az energiatermelés, a közlekedés, valamint az ipari és mezőgazdasági műveletek révén az idővel mind több és több szennyező részecske kerül a légkörbe. A természetes eredetű (vulkanikus) aeroszol klímamódosító hatása bizonyítottan látszik: a megnövekedett sztratoszférikus részecske koncentráció a nagyobb vulkánkitörés utáni első vagy második évben a felszíni globális középhőmérséklet 0,5-1 fokos csökkenését okozza, míg a „visszaigazodási” idő 2-4 év. Az antropogén aeroszol globális éghajlatbefolyásoló hatására nincs bizonyítékunk.

A légkör kémiai összetételének a megváltozása és a globális klíma módosulása közötti kapcsolat az a probléma, amely az utóbbi időben a szakemberek és a közvélemény részéről egyaránt a legnagyobb érdeklődésben részesült. Erre a figyelemre az okot a légköri szén-dioxid koncentráció antropogén eredetű növekedése szolgáltatta, lévén ez a gáz az egyike azoknak, amelyeknek a hosszúhullámú földi kisugárzás tartományában széles elnyelési sávjai vannak. Az ennek révén előálló – és üvegház-hatásnak nevezett – folyamat azt eredményezi, hogy a koncentráció növekedésével az alsó légkör középhőmérséklete emelkedik. A szakértők becslése szerint a szén-dioxid szintje az ipari forradalmat megelőző időkben valahol a 260 és 280 ppmv érték között volt, majd ezt követően a szénbázisú tüzelőanyagok fokozódó mennyiségű elégetése következtében folyamatosan növe-



14. ábra:

Az évi közepes aeroszol optikai vastagság (felső görbe) összefüggése az északi féltekén évente előfordult heves vulkánkitörések számával (alsó görbe).



15. ábra:

A légköri szén-dioxid koncentráció havi középértékeinek alakulása 1958-tól napjainkig a Mauna Loa obszervatóriumban (Hawaii-szigetek) végzett mérések szerint.

a napfoltciklussal összefüggésben változnak, ám egyszer ez az összefüggés fázisos, másszor ellenfázisos, máshol

gázásátvitelnek (a légkör átlátszóságának vagy homályosságának) a fő meghatározója a sztratoszférikus és a tro-

kedni kezdett, és a koncentráció napjainkban lépte át a 340 ppmv értéket (15. ábra). A kutatók a globális éghajlat melegedési trendjét szinte egyértelműen a szén-dioxidnak az elmúlt száz esztendő során tapasztalt mintegy 20 %-os légköri gyarapodására vezetik vissza. Nem szabad azonban elfeledkeznünk azokról az egyéb, hosszú légköri tartózkodási idejű nyomgázokról, amelyeknek szintén az infravörös tartományba esnek a fő sugárelnyelési sávjai, és amelyek ugyancsak az antropogén források révén kezdenek jelentős klímamódosító tényezővé válni. Közülük elsősorban a különböző halogénezett szénhidrogének, továbbá a metán, a nitrogén-oxid, a szén-monoxid és az ammónia emelendő ki. Kumulatív hatásuk az elmúlt évtized során a számítások szerint már meghaladta a szén-dioxid által előidézett üvegház-melegedés 50 %-át.

A szakértők véleménye szerint a változott természetes és antropogén éghajlati kényszerek számításba vételével a múlt évszázad hőmérsékleti adatsorában tapasztalható variánciának körülbelül a 90 %-a magyarázható meg; a változékonyság maradék 10 %-a egyéb okoknak — például az éghajlati rendszer sztochasztikus folyamatainak — a következménye. Ez a megállapítás természetesen azonnal felveti a kérdést: milyen típusú módszerek eredményeit tekinthetjük olyanoknak, amelyek valóban „megmagyarázzák” a vizsgált trend eredetét?

A klímakutatás feladatairól

Az elméleti klimatológia alapvető feladata, hogy az éghajlatváltozások múltbeli tényeit és okait feltárja, és az így szerzett ismeretekre alapozva következtetéseket vonjon le az éghajlati rendszer jövőbeli alakulására. E feladat prognosztikai része kettős:

- a) jelenti az éghajlati rendszer állapotváltozásainak kronológiai előrejelzését a lehető leghosszabb időtávra, azaz a klíma előrejelezhetőségének elméletileg adott határáig — ezt az eljárást nevezzük *elsőfajú éghajlati prognózisnak*;
- b) jelenthet egy másképpen megfogalmazott problémát is, nevezetesen azt, amikor valamelyik éghajlati kényszernek a jövőre várt természe-

tes vagy antropogén eredetű megváltozásához (például a légköri szén-dioxid koncentráció megduplázódásához) kívánjuk az éghajlati rendszer megfelelő állapotát hozzárendelni — ezt a feladatot hívjuk *másodfajú éghajlati prognózisnak*.

Nyilvánvaló, hogy a prognosztikai problémának ezt a második típusát a szükség szüli, közelebbről az a nagyon is korlátozott képességünk, amellyel az éghajlatot az „elsőfajú módon” előre tudjuk jelezni. A másodfajú prognózisok kétségtelen előnye, hogy bizonyos nem kívánatos antropogén hatásokra időben ráirányíthatja a figyelmet, még mielőtt azok *fait accompli*-vé válnának; hátrányuk viszont a következtetések közvetlen verifikálhatóságának a lehetetlen volta.

A klímaváltozások tényeinek és okainak feltárására alkalmazott eljárások egyik típusa a *diagnosztikai* közelítés. Ennek a módszernek a lényege, hogy a kutatók a rendelkezésre álló éghajlati adatsorok elemzésével kísérelnek meg olyan kapcsolatokat feltárni, amelyek fényt deríthetnek az éghajlati rendszer állapotát alapvetően befolyásoló tényezőkre. A módszer előnye, hogy magának a valóságos éghajlati rendszernek a viselkedését vizsgálja, és így — legalábbis elvileg — speciális közelítő feltételezések bevezetése nélkül lehet az összes éghajlatalkító folyamatot elemezni. Legfontosabb hátránya, hogy azon az időtávon, amelyre megbízható történelmi adatsorok állíthatók elő, az éghajlat nem tanúsított olyan nagy változékonyságot, mint ami elméleti alapon a jövőre vonatkozóan várható. Korlátja a diagnosztikai eljárásnak az is, hogy a valóságos klíma feltételezhetően egyidejűleg több vezérlő paraméter változásának a függvényében alakul, márpedig a különböző folyamatok mindegyikének az egyedi szerepét diagnosztikailag kibogozni nem túlságosan célirányos feladat.

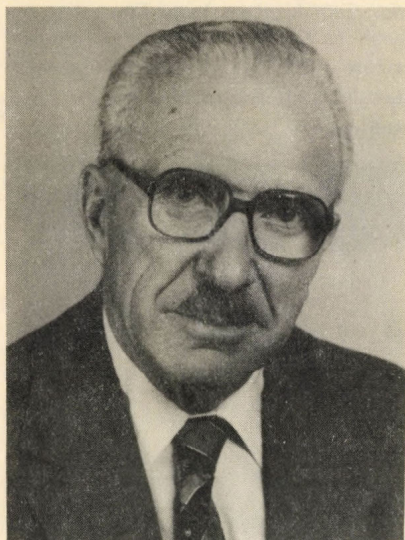
A klímakutatásban használatos másik módszer az éghajlati rendszer *numerikus modellezése*. Az éghajlati modellek — hasonlóan az időjárás előrejelzésénél alkalmazott modellekhez — a sugárzástan, valamint a termo- és hidrodinamika törvényein alapulnak, és elsődleges céljuk, hogy a valóságos világ éghajlatának a külső kényszerekkel szemben mutatott érzékenységét

szimulálják. Ennek a módszernek az eredményessége attól függ, hogy milyen mélységig sikerült fizikailag megértenünk a klímát kormányozó folyamatokat, és ezt az ismeretet mennyire tudjuk beépíteni a különböző modellekbe.

Az elmúlt tíz év során — amióta az éghajlat, mint az emberi környezet egyik domináns összetevője, az érdeklődés homlokterébe került — a klímakutatás mindkét módszere sok érdekes eredménnyel gazdagította tudásunkat. Tudjuk például, hogy a földfelszín globális középhőmérséklete a napállandó 1 %-os növekedése következtében 2 fokkal, a légköri szén-dioxid koncentráció megduplázódása esetén pedig 2,5–3 fokkal emelkedne. Tudjuk azt is, hogy ha a földi klíma az üvegházhatás antropogén fokozódása miatt megváltozna, akkor a közép- és felsősztratoszféra hűlése sokszorosan meghaladná a felszíni melegedés mértékét. A poláris tartományok lényegesen jobban melegednének a hemiszférikus vagy a globális átlagnál: az Arktisz térsége — elsősorban a téli időszakban — kétszer-háromszor melegedne intenzívebben, mint a földfelszín egésze. Az óceánok felszíni víz hőmérséklete 10–20 éves késéssel követné a légkör melegedését. Sejtjük, hogy a meridionális irányú felszíni hőmérsékleti gradiens csökkenése alapvetően megváltoztatná az általános légkörzés intenzitását és elrendeződését, ami hatással lenne a csapadék, a párolgás, a talajnedvesség, a hó- és jégtakaró eloszlására. Am ami az embert a leginkább érdekli: mit jelentene mindez évszakosan és mindenekelőtt a Föld egy-egy meghatározott körzetében? — ez olyan kérdés, amire szintén a jövő klímakutatásától várjuk a választ.

Az éghajlat kutatásának feladatairól alkotott kép hűségéért végezetül említést kell tennünk egy *nukleáris tél* veszélyéről. Egy atomháború a számítások szerint a légkörben hónapokon át fennmaradó változásokat eredményezne, amelyek súlyosan károsítanák a túlélő emberiséget és környezetét. Efajta vizsgálatok elvégzésével a meteorológus többet alkot az egyszerű másodfajú klímáprognózisnál, hiszen a maga eszköztárával járul hozzá annak tudatosításához, hogy ilyen cselekménynek soha nem szabad bekövetkeznie.

Dr. Götz Gusztáv



INTERJÚ DR. KAKAS JÓZSEFFEL

Közel ötven éve tevékenykedik a Szolgálat, illetve a jogelőd intézmények kötelékében Dr. Kakas József (34 éven át mint aktív dolgozó, majd az utóbbi 14 évben nyugdíjasként), akit a korszerű hazai klímakutatás megalapítójaként tisztel a meteorológusok közössége. Vele készített interjút Dr. Szabó Emilné és Mezősi Miklós.

– Hogyan alakult érdeklődése ifjú korában és egyetemi éve idején?

Jogászként kerültem az egyetemre – szüleim ösztönzésére – de ehhez a pályához semmi kedvem sem volt. Egy év múlva ezért – némi kerülővel – átiratkoztam a Budapesti Pázmány Péter Tudományegyetem Bölcsészettudományi Karára. Földrajz-természettudományi szakos szerettem volna lenni, azonban színtévesztő lévén, az utóbbi szakot nem vehettem fel. Viszont *Cholnoky* professzor lenyűgöző természet-földrajzi előadásai annyira megfogták érdeklődésemet, hogy egyetemi éveim végéig Cholnokytól már vizsga nélkül kaptam a jeleket. Cholnoky a levegő fizikai földrajzát olyan élményszerűen adta le, hogy szakdolgozatomat is e témában készítettem: „A légnedvesség változékonysága Európában” címmel. Ennek elkészítésére 1932-től már bejártam az akkori Intézetbe. Réthly Antal, aki abban az időben a Klíma osztály vezetője volt, teljes szabadkezet adott nekem, kulcsot kaptam például a könyvtárhoz is. A dolgozatomat egyhangú kitűnő minősítéssel fogadták el, doktori disszertációként. 1934 szeptember végén tettem le szigorlatomat és október 1-én már bevonultam katonának. Ebben az évben léptem be a Magyar Meteorológiai Társaságba is. 1937-ben azután önkéntes munkatársként – lakás és észlelés ellenében – beköltöztem az Intézetbe.

– Hogyan alakult ki a későbbi nagy szerelem a klimatológiával?

Ez a szerelem Száva-Kováts József és

Réthly Antal ösztönzésére alakult ki. A Csapadék osztályra helyeztek és így a csapadékmérő hálózat ellenőrzése is



Az Intézet akkori legfiatalabb észlelőjével
(Alsópatak, Kárpátalja, 1940)

feladatommá vált. Ez – akkor még gépkocsi híján – sok kirándulással, gyalogtúrával járt együtt. Később Bacsó Nándor átvitt a Klíma osztályra, ahol a klímaállomásokat kellett szerveznem, ellenőriznem. Összes irodalmi ténykedésem szorosan kapcsolódott Magyarország éghajlatához, tanulmányaim, cikkeim jelentek meg a szonyokról, felhőszakadásokról, latí szakszavakról kellett készíte-

nem. Mindez teljesen lekötötte az érdeklődésemet.

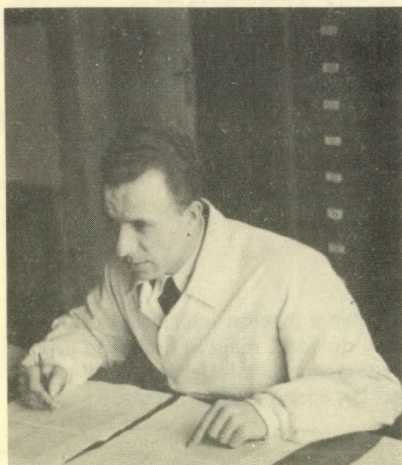
– Ha terepklíma-kutatás vagy a Klíma-atlasz kerül szóba, a beszélgetés mindig úgy kezdődik, hogy a főnök Kakas József volt. Erről mit tudna mondani?

A 30-as években már Réthly és Bacsó is próbálkozott egy magyar éghajlati atlasz összeállításával, ám anyagiak és kellő személyi állomány híján eredménytelenül. Nekem az volt a szerencsém, hogy 1950-ben *Dési Frigyes* került az Intézet élére, aki felismerte geográfus érdeklődésemet, olyan emberét, aki mindig szeret hegyeket mászni. Ez idő tájt Dési Frigyes találkozott az



Állomás-szervezés a Maros völgyében (1941)

Országos Tervhivatal elnökével, aki érdeklődött, hogy a magyar meteorológusok miért nem készítenek hasonló klímaatlaszt, mint az NDK-beli kollé-



A Klíma-osztályon (1940)

gáik. „Ez csak pénzkérdés” – válaszolta Dési. 1954 őszén ifjú meteorológusok léptek az Intézet kötelékébe, gondolhattunk az operatív rutinfeladatokon túl kutatási feladatokra is. Közülük néhányan az újonnan alakult *Klímakutató csoportba* kerültek, amelynek én lettem a vezetője.

– Tehát az ötvenes évek derekán kezdődött a Klímaatlasz szerkesztése? Először is el kellett döntenie, hogy mi-



Készül Magyarország Éghajlati Atlasza (1958)

lyen periódust dolgozzunk fel az atlaszhoz. Az 1901–30-as időszak akkorra már túlhaladottnak számított, ezért az 1901–50 közötti ötven esztendő adataira támaszkodtunk, a környező KGST országokhoz hasonlóan. Különösen az anyag homogenizálása okozott nehézséget. Minden elemet térképes és számtáblázatos formában állítottunk össze, elvégeztük a statisztikai vizsgálatokat is és a program megvalósíthatónak tűnt. A Földművelésügyi Minisztérium és az Országos Tervhivatal is érdeklődéssel fogadta a kezdeményezést, a hidrológusok is sürgették azt. 1956-ban további ifjú meteorológusok kerültek hozzánk, ekkor *Klímakutató osztállyá* alakultunk át. Ebben az időben már *Antal Emánuel, Endrődi Gabriella, Lőrincz Anna, Péczely György, Tóth Erzsébet, Valent Erzsébet és Rákócziné Wágner Maudolna* dolgozott a Klímakutató osztályon. Ezzel a gárdával mindent meg lehetett csinálni, ami egy klímaatlaszhoz kellett.

– Az ötvenes években részt vett az egyetemi oktatásban is?

Ez rövid ideig tartott, amikor Száva-Kováts megvált az Egyetemtől. 1953 végén – amikor az Intézet levált a Honvédségtől – hirtelen annyi minden feladatom lett: ekkor kezdődött pl. az obszervatóriumok telepítésének programja. Éreztük ugyanis, hogy a természet dialektikáját: a talajban és a vele érintkező légtérben lejátszódó, a növény állományklímáját közvetlenül befolyásoló folyamatokat kell feltárunk, terméshozamok növelése, az éghajlati potenciál megismerése céljából. *Wagner Richárd* a Bükkben végzett mikroklíma vizsgálatokat, hasonlókat folytak Szarvason is – a rizs betegségeinek felderítéséhez –, a talajközeli légtérben mértük a hő- és vízháztartás komponenseit. Ekkor kezdődött az evapotranspiráció, a nedvesség-ellátottság, a sugárzási viszonyok vizsgálata a terepen, helyszíni mérésekkel. Mélni, mélni és mélni! Az volt az elvem, hogy munkatársaim minél több időt töltsenek a terepen, figyeljék a növények fejlődését a Csóványoson éppúgy, mint a békéscsabai mezőkön, ismerjék meg az országot, mert enélkül nem tudunk az éghajlatról semmit sem. Meg kell ismerni az adat származásának helyét és körülményeit! Nagyon tanulságos volt pl., amikor *End-*

rődi Gabi kimérte, hogy Tihanyban a Belső- és Külső-tó felszínközeli légtere között 7-8°-os hőmérsékletkülönbség alakulhat ki. Hasonlót találtunk Hévízen is. A SZOT pl. kíváncsi volt,



Balaton-kutatás: a VITUKI kutatóhajóján (1958)

hova telepítsék az üdülőket, ahol az ingerklíma és a komfortklíma egyaránt megfelelő, az üdülést nem zavarja a közlekedés és viszont. Abban az időben igen élénk volt az érdeklődés a szélenergia iránt is, pl. az erdészek, elektromosok részéről. Ebben a munkában még *Kéri Menyhért* és *Ozorai Zoltán* is tevékenyen részt vett, szintűg a nagyfeszültségű távvezetékek nyomvonalának kitérésében is, ahol a zúzmaraterhelés csökkentése volt a cél. Az Inota – Ajka közötti távvezetékét például – a meteorológiai szakvéleménnyel ellentétben – tipikusan zúzmaraveszélyes helyre telepítették, s amikor a távvezeték az első télen „lefeküdt” a zúzmara súlya alatt, a meteorológusokat hibáztatták. (A kritikusok azonban gyorsan elhallgattak, amikor megmutattam az írásbeli óvást...).

– Társszerzője volt egy, a szabadvezetékek zúzmaraterhelésével foglalkozó szakkönyvnek is ebben az időben.

Igen, ez egy kellemes együttműködés volt a villamosipari szakemberekkel, *Ronkay Ferenc* és *Lomb Frigyes*sel. E munkában is nagy segítségemre voltak ismereteim az ország éghajlati viszonyairól.

– Említette, hogy a szélenergia-kutatás és részben a távvezetékek nyom-

vonalának kijelölése is a Meteorológiai Társaság munkacsoportjainak keretében történt.

A Magyar Meteorológiai Társaság abban az időben sokkal elevenebb volt, mint manapság — noha kevesebb meteorológus volt tagjai körében —, viszont többen képviselték a határtudományokat, termékenyebb volt a Társaság működése; ez az én véleményem. — A Meteorológiai Társaság mellett milyen más szervezetben tevékenykedett?

Ami a szívemhez mindig nagyon közel állt, az a Magyar Földrajzi Társaság; ennek szintén több mint ötven éve vagyok tagja.

— A sok szakmai és társadalmi elfoglaltsága mellett maradt ideje és energiája az IDŐJÁRÁS gondozására is.

Nyomdászgyerek vagyok és a családban 1842 óta hagyomány volt, hogy a fiúknak előbb meg kellett tanulniok a nyomdatechnikát, azután nézhetek más foglalkozás után. Az Évkönyvek szerkesztését Réthly már 1938-tól kezdve rám bízta, látva nyomdász készségemet. Az IDŐJÁRÁS szerkesztő bizottságába Dési Frigyes delegált 1952-ben, 53-tól kezdve pedig a lap technikai szerkesztője lettem. Egyetlen célkitűzésem volt az IDŐJÁRÁSSal kapcsolatban: megtalálni a közönséget az olvasókkal. Szerzőként igye-

keztem megnyerni a határterületek képviselőit. 16 esztendei szerkesztői működésem alatt 1960-ban sikerült egy parádés, nemzetközi szerkesztőbizottsági ülést tartani; ezt is Dési kezdeményezte. Személyes kapcsolatok is kialakultak a szerkesztőbizottság külföldi tagjaival, különösen pl. Chromov, ill. Steinhäuser professzorral.

— Mióta van nyugdíjban, és hogyan telnek nyugdíjas évei?

1971 január 1-től vagyok nyugdíjban és ezek az éveim már sokkal nyugodtabban telnek, mint az aktívak, kisebb a felelősség, nincs adminisztrációs feladatom, csak szakmai. Ilyen pl. a WMO Európai Éghajlati Atlaszának szerkesztése. Egykori kedves munkatársaim már mind magasabb beosztásba kerültek, vagy mással foglalkoznak. A kórházból mentem nyugdíjba, a gyomromra ment a sok idegeskedés, munka, érdeklődés. Azóta nincs semmi bajom, amit csinállok, azt élvezettel teszem. Még ma is segítek a Kiadvány- és Propaganda osztálynak a feladatok elvégzésében, az IDŐJÁRÁS-t lektorálom, korrektúrázom. Kellemesebb dolog átvenni a tiszteleti tagságról szóló oklevelet a Meteorológiai vagy a Földrajzi Társaságban, mint azon drukkolni, hogy rendszerben működnek-e az obszervatóriumok, evapotranspirométerek...

1953-ban kezdtük el az obszervatórium építési programot, először Martonvásáron, majd ez folytatódott Siófokkal (a balatoni viharjelzés otthonával), ezután épült Kecskeméten az Agrometeorológiai Obszervatórium és Tihany. Kényelmes dolog nyugdíjasnak lenni, leszámítva a nyugdíj csökkenő vásárlóerejét. Valamikor még gond volt a legelső vándorgyűlés szervezése Szegeden, ahol Papp Éva volt a fáradhatatlan rendező. Milyen illusztris vendégek jelentek meg ott!

— Előbb említette a Klímakutató csoportot, amelynek alapító tagjai voltak 1954-ben Czelnai Rudolf, Szabóné Papp Éva és Mezösi Miklós. Mi is sokat emlegetjük azokat az éveket és tudjuk, hogy bennünket Kakas József tanított meg dolgozni. Mit adna útravalónak a mai pályakezdő fiataloknak?

Nem könnyű kérdés, mert nem tudok elfoglaltság nélkül válaszolni. Tudom, hogy sokan nem helyeselték, amikor azt kívántam a friss diplomásoktól,

hogy menjenek ki az állomásokra és nézzék meg a helyszínen, hogy miért ilyen vagy olyan az adat. Ekkor azután kiderült, hogy piszkos a hőmérőház, berozsdásodott a szélíró, rossz a műszer. Én nem resteltem magam sem elvégezni (de másoktól is megkí-vántam) a hőmérőházak takarítását,



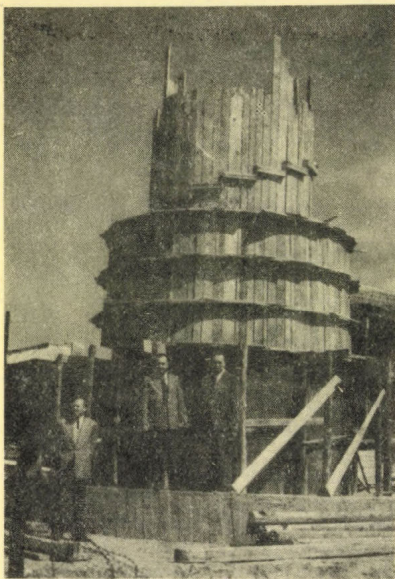
Erózió néhány óra alatt ...
(A Környe-Dad-i felhőszakadás nyomán)

legalább lássa az észlelő, hogy ezt így kell csinálni. Az, aki meteorológusként az éghajlattal foglalkozik, nem engedheti meg magának, hogy ne ismerje azt a területet, ahonnan a származó adatokat feldolgozza, vagy szinoptikusként, ahonnan az időjárási táviratokat kapja. Azt a típusú meteorológust, akit „zavarnak a kiugró adatok” és azokat minden további nélkül áthúzza, én nem tekintem meteorológusnak! Egyetlen példára hivatkozom: amikor Bánhidáról érkezett egy távirat, hogy ott igen nagy csapadék esett, Zách Alfréddal és Ozorai Zoltánnal gépkocsival siettünk a helyszínre, mert a Prognózis osztály munkatársai nem akarták elhinni a 200 mm-t meghaladó csapadékjelentést. Bicskénél már leálltunk a kocsival, mert akkora volt az áradás. Kiderült, hogy bizony 264 mm esett — és nem 21 mm, ahogy eleinte a prognosztizőrök vélték — ez volt a híres Környe-Dad-i felhőszakadás, a hazánkban eddig mért 24 órás csapadék-maximum ... Ma is annak vagyok



A centenáriumi emléklap átvétele
Dési Frigyes-től (1970)

a híve, hogy az ifjú meteorológusok látogassanak el az állomásokra és személyesen győződjenek meg, hogy ugyanaz az időjárási helyzet miként alakul az ország különböző tájain, az Alpok lábánál, vagy a Nyírségben. Ismerni kell az országot, a terepet, Európát! Nekem szerencsém volt,



Épül a Viharjelző Observatórium Siófokon

mert az Alpokkal még egyetemista koromban megismerkedtem (mint „megveszekedett geográfus”, ahogy Dési szokta mondani), Kelet-Magyarországot, sőt az azon túli területeket pedig



75. születésnapján
egykori munkatársai körében

később volt szerencsém megismerni. Ez sokat segített mai kollégáinknak is az adatok megítélésében. Ha szolgálatilag erre nincs módja az ifjú szakembernek, akkor menjen turistaként, de menjen és ismerje meg az országot!

— Ezt az interjút a LÉGKÖR közli majd, de alkalomszerűen megjelenik a tréfás LÉGKÖR is, ennek a részére gyűjtünk humoros szakmai történeteket. Szívesen hallanánk ezekből!

1945 nyarán, a hadifogságból éppen hazatérve, az ún. igazolási eljárás során a bizottság kérdezősködött egyesületi tevékenységem felől a háborús évek idején. A bizottság egyik tagja megkérdezte, hogy milyen politikai agitációs munkát végeztem. „Ezt nem végeztem” — válaszoltam. Mire ő: „De igen, emlékezzen csak, Maga előadásokat tartott a Természetbarát Turista Egyesületben!” . Kiderült, hogy valóban tartottam meteorológiai témájú előadásokat, amelyeken résztvevett az ügyeletes rendőrtiszt is, aki — miután hallotta, hogy csak az időjárásról esik szó — gyorsan eltávozott. Ez az egyesület viszont a Békepárt egyik fedőszerve volt, amit én akkor természetesen nem tudhattam. Az igazolási eljárás ezek után gyorsan és sikeresen befejeződött ... A másik történetem már a háború utáni évekből származik. Vas Zoltán volt akkor az Országos Tervhivatal elnöke, aki tőlem, mint az Intézet tervelőadójától, telefonon kérte bediktálni a következő évi devizaigényes beruházások listáját. A telefonválaszt viszont megtagadtam, arra hivatkozva, hogy jobban utána kell néznem a dolgoknak és másnap 10-re személyesen vittem be a kért anyagot. Néhány hét múlva Vas Zoltán behívott a Tervhivatalba, személyesen megköszönte az alapos munkát és egy kínai porcelán készletet ajándékozott nekem.

Szép volt ez a világ, amit 1937-től, illetve a meteorológiával 1932 óta, vagyis immáron 53. éve gyúrok. Sok szépet tartogatott számomra, nem sajnáltam, ami az egészségem rovására ment. Ma is dolgozom. Amíg szükség lesz rám, addig szívesen segítek, amikor már nem kellek, azt mondom, hogy jó napot, és ballagok erdőmezőt járni, mint eddig.

— Köszönjük az interjút!

Mezősi Miklós
és Szabó Emilné

ITT METEOR 111 ZÁNKA!

Nyaranta csaknem háromezer táborozó úttörő napi programját segíti a Balatoni Úttörőváros meteorológus őrsé. Teljes klímaállomás és állandó URH-kapcsolat a siófoki Viharjelző Observatóriummal képezi az Őrs felszerelését. Az Úttörőváros rádióján reggel és este elhangzik az észlelés eredménye. A pajtások versengenek, hogy munkájuk eredményéről maguk számolhassanak be a tábor lakóinak. A különféle hőmérők, a szélzászló és az fróműszerek leolvasását 1-2 észlelés után önállóan, felügyelet nélkül végzik, s a csapadékmérés sem okoz gondot. A meteorológus szakvezető tennivalója így hamarosan a húsz órányi szakprogram tartalmas, de az évszaknak megfelelően könnyed kitöltésére korlátozódik. Ennek során a táborozók megismerkednek a hazai és a nemzetközi állomáshálózattal, az alapvető időjárási képződményekkel, s a dunántúli háló forgalmazása alapján időjárási térképet is tudnak rajzolni. A szabadidő programokkal kapcsolatban a szakvezető gyakran ad tájékoztatást a várható időjárásról is.

Ezen a nyáron a tizenegyedik szeszónját kezdte meg az Őrs, amelynek tagjai a fővárosi szakkörökből és a Szolgálat dolgozóinak érdeklődő gyermekei közül kerülnek ki. A nyári hónapok tíz évi megfigyelési adatai Siófokon, illetve a helyszínen megtalálhatók. Az utóbbi években a meteorológiai ismeretek szerepéhez jutottak a zánkai Környezetvédő Szaktáborban is, amely az „Úttörők a Balatonért” alcímet viseli. A 10-14 napos időtartamú táborozás során a Balaton-környéki gyerekek a légszennyeződést befolyásoló időjárási képződmények fizikájával és az antropogén eredetű éghajlatváltozások feltételezett következményeivel ismerkednek. Emellett természetesen tanulnak a szennyező anyagok forrásairól és tájékozódnak az aktuális időjárás okairól és a külső időjárási jegyek közötti összefüggésekről. A programot egy-egy alkalommal mozgó meteorológiai laboratórium, vagy magaslégköri megfigyelés színesíti. Az Úttörővárossal kialakított jó kapcsolat Metzger Béla és Varga László érdeme.

Dr. Mika János

A mesterséges eredetű légköri radioaktivitás

Míg a légkör természetes eredetű radioaktivitása a földtörténet során mindig is létezett, a mesterséges eredetű radioaktív anyagok csupán negyven év óta kerülnek kisebb-nagyobb mennyiségben Földünk légkörébe. (A természetes légköri radioaktivitással a Légkör 1980. évi 4. számában foglalkoztunk.)

A mesterséges eredetű légköri radioaktivitásnak, mint ismeretes, lényegében két forrása van: az atomfegyver kísérletek és az atomerőművek üzemelése. Kiegészítésképpen megemlíjtjük a sokkal kisebb jelentőségű forrásokat is, ilyenek a kutatóintézeti reaktorok és a gyógyításban, az ipar, sőt újabban a mezőgazdaság különböző területén felhasznált mesterségesen előállított izotópok.

Atomfegyver kísérletek

A történelmi sorrendet követve, az első atombombát az új-mexikói sivatagban 1945 júliusában „próbálták ki” még teljesen titokban, — majd a következő kettő történetét már mindannyian ismerjük: Hiroshima 1945. augusztus 6. és Nagaszaki 1945. augusztus 9. Ezt követették az atomhatalmak sorozatos nukleáris fegyverkísérletei, egészen az 1959-es, majd az 1963-as részleges atomcsend egyezmény megkötéséig.

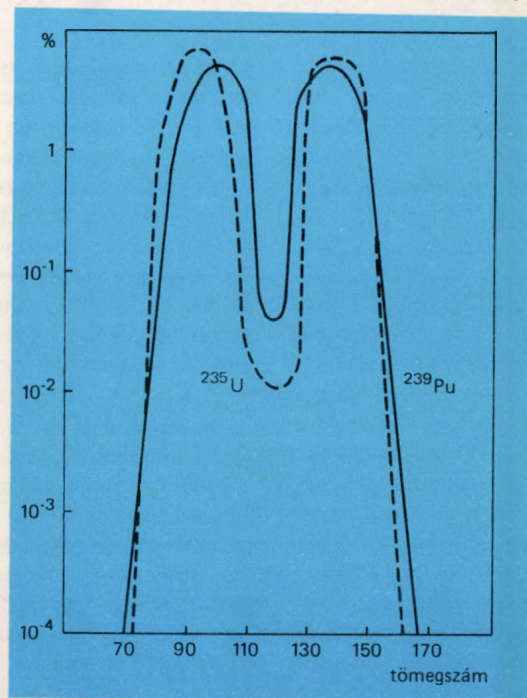
Ezeket a kísérleteket döntő többségükben a légkörben hajtották végre, majd 1963

óta az atomcsend egyezményt aláíró országok kizárólag földalatti kísérleteket végeznek. Azóta a légkörben csak Franciaország és Kína hajt végre évente néhány kísérletet. Minthogy a földalatti robbantások első közelítésben nem szennyezik a légkört, a továbbiakban csak a légköri kísérletek hatásával foglalkozunk. Az 1945-től 1962-ig terjedő időszakban a légköri és talajközeli fegyverkísérletek összes hatóereje több mint 500 Mt volt, azóta az északi féltekén csak Kína folytat légköri robbantásokat, ezeknek összegzett hatóereje mintegy 20 Mt.

Korábban megkülönböztettek maghasadási (fissziós) folyamatú atombombát és magfúziós (másnéven termónukleáris) folyamaton alapuló hidrogénbombát, de az újabb nukleáris fegyverek, a pusztítás mértékének fokozására, már fissziós-fúziós összetett, sőt többszörösen összetett szerkezetek. Az ilyen atomfegyverrel végzett kísérletek során a légkörbe jutó radioaktív termékek mind a fissziós, mind a fúziós folyamatokra jellemzőek. Az atommaghasadás során igen sokféle termék keletkezik: mintegy 30 elemnek több, mint 200 izotópja. A keletkező izotópok gyakorisága igen különböző. Mind a ^{235}U , mind a ^{239}Pu alapanyagú hasadási bomba esetén a kb. 100 és 140-es tömegszámú izotópok a leggyakoribbak, mint azt az 1. ábra szemlélteti. A hasadási termékek maguk is radio-

aktívak, és tovább bomlanak, több lépésben is. Ezért a legnagyobb gyakorisággal előforduló izotópok, a robbanás óta eltelt idő függvé-

Ismeretes, hogy atommaghasadás során neutronok is keletkeznek, és a szabadbá váló neutronok is „termelnek” radioaktív izotópokat.



1. ábra

A légköri nukleáris kísérletek során keletkező izotópok százalékos gyakorisága ^{235}U és ^{239}Pu hasadásakor

1. táblázat:

A ^{235}U hasadásánál a legnagyobb százalékban előforduló radioaktív izotópok és felezési idejük az atomfegyver robbantása után eltelt idő függvényében

Izotóp	Eltelt idő	Felezési idő
^{140}Ba	10 – 40 nap	12,8 nap
^{95}Nb	50 – 250 nap	35 nap
^{95}Zr	50 – 250 nap	65 nap
^{144}Ce	300 nap – 4 év	284 nap
^{90}Sr	6 – 20 év	28 év
^{137}Cs	50 – 100 év	29 év

nyében, a felezési idejüknek megfelelően változnak (lásd az 1. táblázat adatait).

Egy 1 megatonnás atomfegyver légköri robbantása során a neutron-aktivációs folya-

matok által a légkörben keletkező fontosabb izotópok adatait a II. táblázat tartalmazza. Így az atomfegyver kísérletek miatt ezen izotó-

atomtöltet hatóereje 200 kt – 1 Mt-nál nagyobb, a feláramlás olyan intenzív, hogy képes a tropopauzát, mint légköri záróréteget is áttör-

robbantás helye határozza meg: a legnagyobb, mint a III. táblázatból látható, a földfelszín közelében végrehajtott kísérlet esetén. Ilyen-

koncentráltan, a robbantás helyének közelében. A kisebb méretű aeroszol részecskék, az igen lassú ülepedési sebességük miatt,

II. táblázat:

Egy megatonnás atomfegyver légköri robbantása során a neutron-sugárzás hatására keletkező fontosabb izotópok radioaktivitása és felezési idejük

Izotóp	Aktivitás (Bq)	Felezési idő
^3H	$3,7 \times 10^{10}$	12,3 év
^{14}C	$1,25 \times 10^{15}$	5730 év
^{39}Ar	$2,1 \times 10^{12}$	260 év

pok mennyisége a légkörben a természetes eredetű izotóp-mennyiség többszörösére nőtt.

A légköri atomfegyver kísérletek során a keletkező radioaktív izotópok, a tűzgömb igen magas hőmérséklete (több mint 10^5 K fok) miatt, atomos állapotban vannak, majd az aeroszol részecskékkal ütközve koagulálnak, és így radioaktív aeroszol részecskék jönnek létre. A keletkezett radionuklidok (radioaktív atommagok) béta-bomlóak, így a radioaktív aeroszol részecskéi is béta-bomlóak. A leg egyszerűbb mérési módszer ezért a felfogott aeroszol részecskék összes béta aktivitását határozza meg, és ebből, a természetes radioaktivitás ismeretében a mesterseges eredetű aktivitás kiszámítható.

A radioaktív aeroszol részecskék szétesését sok körülmény határozza meg. Ezek közé tartozik a robbantás helye (pl. a szárazföld felett kis magasságban, az óceán fölött vagy a magas légkörben), az atomtöltet hatóereje, sőt még a robbantás helyének földrajzi szélessége is.

Ismeretes, hogy a robbantás után keletkező tűzgömbben a hőmérséklet igen magas, ezért óriási energiájú feláramlás jön létre. Ha az

ni. Ekkor a radioaktív aeroszol nagyrésze a sztratoszférába jut, és csak kisebb része marad a troposzférában. A nagyobb méretű részecskék a robbantás közelében rövid idő alatt kihullanak. Ezt nevezzük lokális ülepedésnek. Az 1 Mt-t meghaladó hatóerejű bomba robbantásakor a keletkező radioaktív aeroszol átlagos százalékos eloszlását a III. táblázat tartalmazza. Egy kisebb hatóerejű robbantás után keletkező tűzgömb nem képes áttörni a tropopauzát, a radioaktív felhő a troposzférában marad, a sztratoszférában nem szennyeződik. A lokális kihullás százalékos aránya nem különbözik a megatonnás tartományban a III. táblázatban említett megfelelő esetekétől. Megjegyezzük, hogy az itt felsorolt százalékos arányok csak irányadónak tekinthetők, közöttük jelentős eltérések lehetségesek. Például a robbantás helyének földrajzi szélessége azért lehet befolyásoló tényező, mert a tropopauza az Egyenlítő fölött mintegy 17 km magasan, míg a sarkkörön kb. 8 km-es magasságban található, így a magasabb szélességeken a megatonnás atomfegyver kísérletek során a hasadóanyagok jelentősebb része jut a sztratoszférába.

A lokális kihullás arányát a

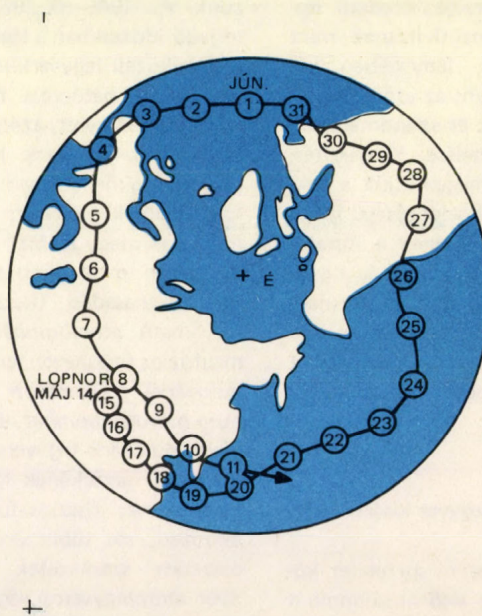
III. táblázat:

Az 1 megatonnánál nagyobb hatóerejű atomfegyver robbantásakor keletkező radioaktív aeroszol átlagos, százalékban kifejezett eloszlása

A robbanás helye	Lokális ülepedés	Troposzférában	Sztratoszférában
Szárazföld felszín	80	5	15
Vízfelszín	20	5	75
Légkör	10	5	85

kor a tűzgömb eléri a földfelszínt, és nagymennyiségű, a felszínről származó anyag kerül a tűzgömb belsejébe, ahol elpárolog és radioaktív-

csak néhány hét alatt érik el a földfelszínt. Ezen idő alatt a troposzférában uralkodó zonális áramlás a radioaktív aeroszol-felhőt körbeviheti



2. ábra:

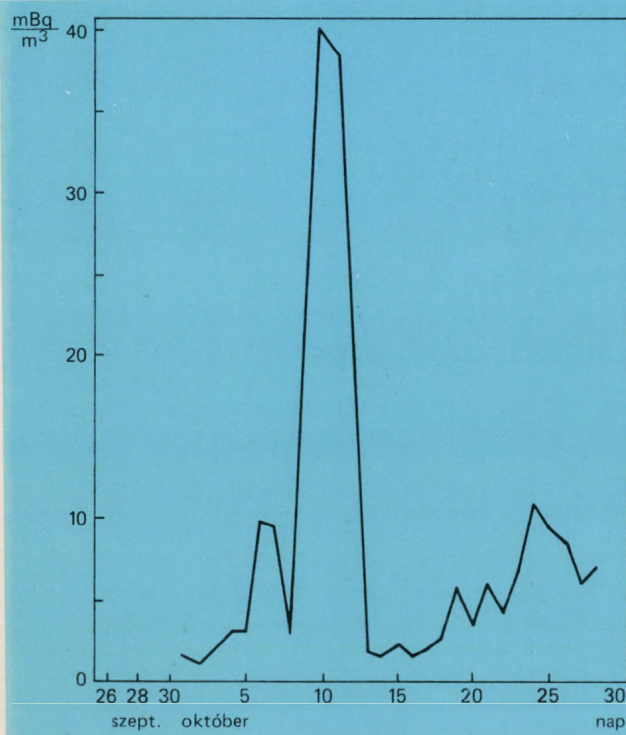
Az 1965. május 14-én Lop Nor térségében végzett kínai légköri nukleáris robbantás troposzférikus komponensének mozgása 5,6 km magasságban

vá válik. Később a tűzgömb hűlése során, a keletkezett radionuklidok az aeroszol részecskékre ráakódnak (koagulálnak), majd a részecskék tömegétől függően különböző sebességgel esnek a felszín felé. Elsősorban a 20 μm -nél nagyobb átmérőjű részecskék hullanak ki, térben és időben

a Föld körül (2. ábra). A radioaktív aeroszol-felhő így a légköri áramlási irányoktól függően mintegy 15-25 nap alatt ér vissza keletkezési helyére. Ezt a tényt számos mérési adat igazolja: az 1960. február 13-án a Szaharában a franciák által végzett kísérleti robbantás során keletkezett radioaktív

felhő február 27-én már viszázsaérkezett Nyugat-Szaharába. Az 1965. május 14-én Kínában végrehajtott robbantás során keletkezett „felhő” június 8-án tért vissza Kína térségébe. Még egy példa: az 1976. szeptember 26-i kínai kísérleti robbantás hatását október 10-11-én

honnan főleg a csapadékhullás „mossa ki” őket. A tapasztalat szerint a mérsékelt öv fölött és tavasszal a legjelentősebbek ezek a tropopauza szakadások, ennek következtében a késő tavaszi és kora nyári csapadékhulláskor nagyobb az esővíz radioaktivitása.



3. ábra:

Az 1976. szeptember 26-án Kínában végrehajtott kísérleti robbantás hatása: a levegő össz-béta aktivitásának napi értéke egy nagyságrenddel nőtt Frankfurt am Mainban.

Frankfurt am Mainban is regisztrálták, ezt mutatja a 3. ábra. A radioaktív felhő másodszor is „körbe járhat” miközben fokozatosan szétterjed, eloszlik a félteke légkörében.

A sztratoszférába feljutott radioaktív aeroszolt úgy tekinthetjük, mint egy hosszabb ideig egy tárolóban (rezervoárban) raktározott anyagmennyiséget, hiszen az aeroszol részecskék sztratoszférikus tartózkodási ideje több év! A tropopauza szakadások azok a „kapuk”, amelyeken keresztül az aeroszol részecskék ismét a troposzférába kerülhetnek, a-

Az eddigiekből következik, hogy az északi félteke bármely pontján végzett robbantási kísérletek késleltetett hatása hazánkban is mérhető.

Atomerőművek

Az atomerőművekből normál üzemmódban csak kétféle halmazállapotban és ennek megfelelően kétféle úton kerülnek ki radioaktív szennyezők a környezetbe: folyékony és gáznemű formában, az elfolyó hulladék vízzel, illetve a kéménnyen át. Ez utóbbi lenne az erőmű

„füstje”, azaz a szellőztető berendezéseken át eltávozó, radionuklidokat is tartalmazó levegő, ezzel foglalkozunk részletesebben.

ton és xenon izotópok (^{87}Kr , ^{88}Kr és ^{133}Xe , ^{135}Xe), mennyiségük jelentős, de felezési idejük viszonylag rövid, és mind kémiaiilag, mind

IV. táblázat

Egy 1000 MW elektromos teljesítményű hagyományos széntüzelésű erőmű füstjével a légkörbe jutó radionuklidok aktivitása

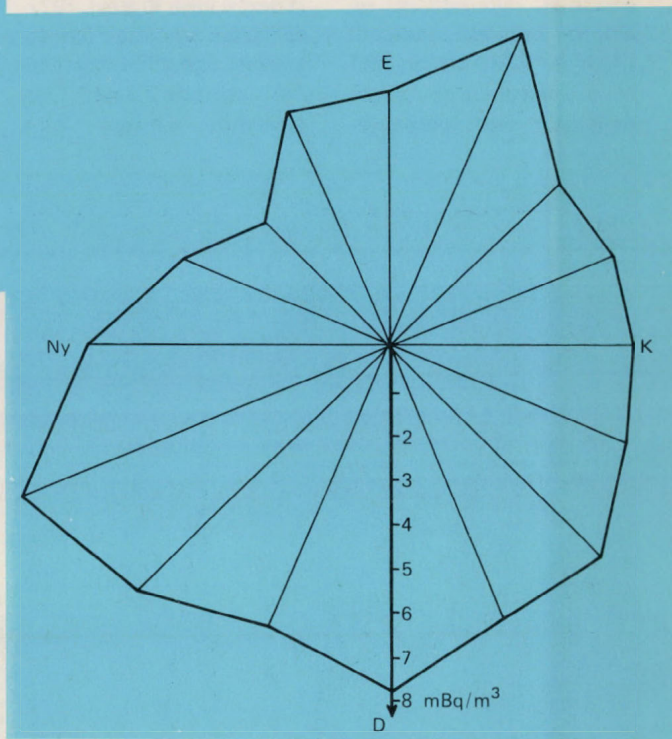
Izotóp	Aktivitás (Bq/év)
^{238}U és bomlástermékei	$4,3 \cdot 10^{10}$
^{232}Th és bomlástermékei	$4,0 \cdot 10^8$
^{40}K	$5,6 \cdot 10^9$

A kéménnyen át távozó radioaktív anyagokat, különböző kémiai, fizikai és biológiai hatásaik szerint öt csoportba oszthatjuk:

– radioaktív nemesgázok,
– radioaktív aeroszol részecskék,

biológiailag passzívak, nem jelentenek veszélyt a környezetre.

A radioaktív aeroszol különböző fémeket tartalmaz (cézium, ruténium, antimon, ittrium, neodínium, lantan, cérium, cirkónium, niobi-



4. ábra:

A levegő össz-béta radioaktivitásának szélirányfüggése Pécsen, 1978-80 között

– radiojód (^{131}I),
– trícium (^3H vagy T) és
– radiokarbon (^{14}C).

A radioaktív nemesgázok lényegében különböző krip-

um) melyek mind béta-bomlóak, amit gamma sugárzás kísér. Legtöbbjük felezési ideje napokban fejezhető ki, de vannak közöttük éves fe-

felezési idejük is:

^{125}Sb : 2,7 év
 ^{134}Cs : 2,05 év
 ^{137}Cs : 30 év
 ^{90}Sr : 28 év

A két utóbbi felezési ideje egy emberöltőnek felel meg, emellett a Sr ún. csontkéréső elem, kémiaiilag a kalciummal rokon, és így beépül az élő szervezetbe, pontosabban a csontokba. A Cs a káliummal rokon, az izomszövetekben halmozódhat fel.

A radiojód (^{131}I) felezési ideje 8 nap, ezért a légkörbe jutva igen hamar elbomlik. A radiokarbon (^{14}C) és a trícium az atomerőművek működése során a reaktoron belüli neutron-sugárzás hatására jön létre.

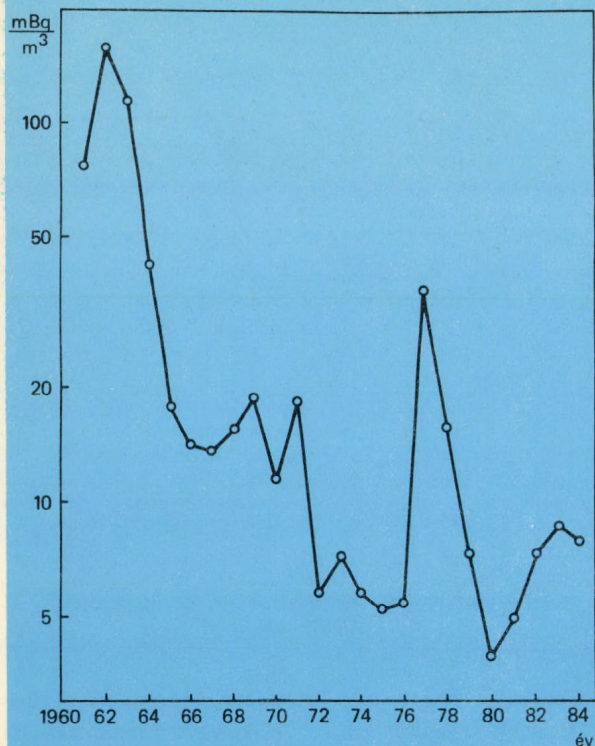
Nemzetközi átlag-adatok alapján egy 1000 MW teljesítményű, nyomottvízes reaktorról működő erőműből (ilyen a paksi atomerőmű is) a kéményen át távozó radioaktív szennyezőanya-

gok aktivitása a következőképpen oszlik meg: nemesgázok — $3,6 \times 10^{14}\text{Bq}$, halogének (bróm, jód) és aeroszol részecskék — $1,5 \times 10^{14}\text{Bq}$. Ezenkívül, NSZK adatok szerint, az erőmű évente még 10^{10}Bq aktivitású ^{14}C izotópot és 10^{11}Bq aktivitású trícium mennyiséget bocsát a légkörbe. Szintén NSZK-beli mérések szerint, az atomerőműből a légkörbe jutó hosszú felezési idejű radioaeroszol mennyisége huszad része a rövid felezési idejű aeroszolnak.

Meg kell említeni külön az atomerőművekben „kiégett fűtőanyag rudakat” újrafeldolgozó üzemek hatását. Az ún. reprocesszáló üzemekből jut a légkörbe a mesterséges eredetű ^{85}Kr izotóp (felezési ideje 10,6 év). 1977-es adatok szerint a Föld légkörének összes ^{85}Kr készletének aktivitása $2,6 \times 10^{18}\text{Bq}$, amelyből mintegy $2,4 \times$

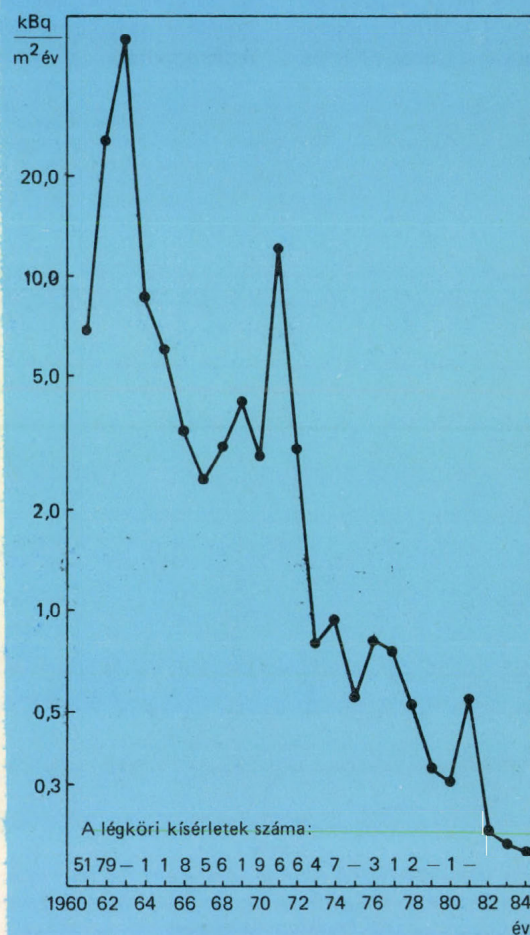
10^{18}Bq a reprocesszáló üzemekből származik. 1970 óta több ilyen újrafeldolgozó üzemet leállítottak, ennek következtében a ^{85}Kr -aktivitás növekedése lelassult.

Az atomerőművel összehasonlítva, ha itt is 1000 MW elektromos teljesítményre vonatkoztatjuk az adatokat, évenként a IV. táblázatban felsorolt radionuklid meny-



5. ábra:

A levegő évi átlagos össz-béta aktivitása Budapesten 1961-84 között



6. ábra:

A nedves és száraz ülepedéssel a talajra jutó radioaktivitás évi összegei 1961-84 között Budapesten $\frac{\text{kBq}}{\text{m}^2 \text{ év}}$ egységekben

Végül nem elhanyagolható a hagyományos széntüzelésű erőművek füstjével a légtérbe jutó radioaktivitás mennyisége sem. Ismeretes, hogy a széntüzelésű erőművek, a pernye és koromszennyezés mellett, a füstgázokban jelentős mennyiségű CO_2 , CO , SO_2 és NO_2 gázt juttatnak a levegőkörnyezetbe, ezen felül pedig még a szénben található természetes eredetű uránt, tóriumot, radioaktív káliumot és ezek radioaktív bomlástermékeit is.

nyiségek kerülnek a légtérbe.

Az uránsor radioaktivitásának 85 %-át a ^{222}Rn nemesgáz okozza, aminek felezési ideje 3,8 nap. Természetesen a fenti adatok erősen függenek a szén minőségétől (lelőhelyétől) és az erőmű típusától is. Míg az atomerőművekből légkörbe jutó radioaktív izotópok β és γ bomlóak, az urán és tórium bomlási sorának tagjai között α -bomlóak is találhatóak. A ^{40}K igen hosszú fele-

zési idejű, β és γ sugárzó izotóp.

A hagyományos széntüzelésű hőmérő radioaktív levegőszennyező hatását mutatjuk be a 4. ábrán. Pécssett, a Meteorológiai Főállomáson naponta rendszeresen mérik a levegő össz-béta aktivitását, és megvizsgáltuk ennek szélirányfüggését. Három évi adatsort figyelembevéve (1978-80) az ÉÉK irányból fújó szelek esetén kapott lokális maximum éppen a széntüzelésű hőmérő hatását tükrözi. Megjegyezzük, hogy az uránbánya és a meddő kőzet alkotta „hegy” az állomástól éppen NYÉNY – ÉNY irányban van.

A légköri radioaktivitás időbeli változása

Mint már volt róla szó, a meteorológiai állomásokon az aeroszol összes béta aktivitását mérjük. A természetes eredetű radioaktivitást – évi átlagban – azonosnak tekinthetjük, ezért, évi középértékeket tekintve, a változások okát a mesterséges eredetű légköri radioaktivitás változásában kell keresnünk. Az 5. ábrán bemutatjuk a Budapest-Lőrincen 1961-84 között naponta mért aktivitás értékekből számított évi középértékeket. Jól látható az 1963 óta érvényben lévő részleges atomcsend-egyezmény hatása, és megmutatkozik a kínai robbantások hatása is, főleg az 1976-os évben. Feltehetően kb. 5 mBq/m^3 lenne a természetes eredetű légköri aktivitás értéke. Az 1962-ben mért maximum az 1980-ban mért minimum-értéknek a negyvenszerese volt!

Szintén 1961-84 közötti évekre mutatjuk be a száraz (D_{sz}) és nedves üledéssel (D_n) a talajra jutó radioaktivitás évi összegét (6. ábra).

A kihullás, azaz a fall-out összege még nagyobb változást mutat, mint a légköri aktivitás. Az 1963-ban mért maximum az 1984-ben mért minimum értékénél több mint 250-szer nagyobb! Az ábrán feltüntetettük az egyes években végrehajtott légköri atomfegyver kísérletek szá-

pedési sebesség nagyobb arányban nőtt, mint a száraz napokon. Az V. táblázat utolsó oszlopában feltüntetjük az évi v_n/v_{sz} hányadosok ötévi középértékét. Látható, hogy a 60-as években volt a legnagyobb, amikor még meglehetősen sok radioaktív izotóp volt a Föld légköré-

V. táblázat

A nedves és a száraz üledési sebesség ötéves középértékei (v_n és v_{sz}), valamint a nedves és száraz üledési sebesség arányának középértékei

Időtartam	v_n (km/nap)	v_{sz} (km/nap)	v_n/v_{sz}
1963/67	1,81	0,31	9,3
1968/72	2,48	0,50	6,6
1973/77	0,55	0,20	3,1
1978/82	0,26	0,12	2,0
1983/84	0,096	0,054	1,8

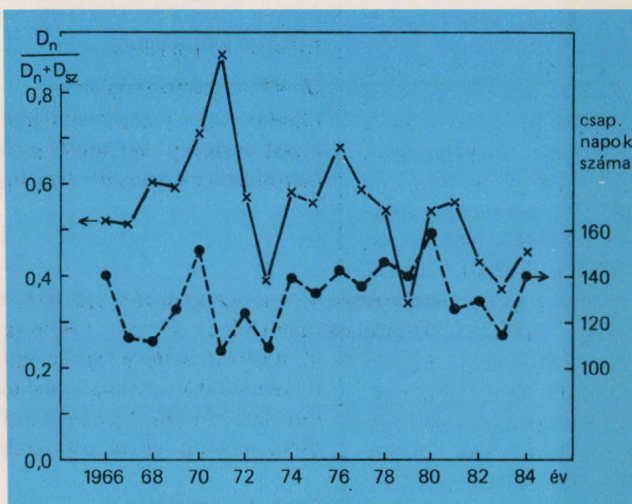
mát is. Látható például az 1980-ban végrehajtott egyetlen kísérlet következő évi hatása.

Az üledés (depozíció), a kiülepedő anyagmennyiség aktivitásának és a légköri aeroszol radioaktivitásának hányadosa, a radioaktív aeroszol üledési sebességét adja meg. Megkülönböztetünk száraz és nedves (csapadékos) üledést, és így külön a száraz napokra és a csapadékos napokra meghatároztuk az évi közepes üledési sebességet. Az ötéves időtartamokra átlagolt száraz és nedves üledési sebességeket az V. táblázat tartalmazza. Látható, hogy a nedves üledési sebesség mindig kifejezetten nagyobb, mint a száraz üledési sebesség. Ezen túl, a mesterséges eredetű radioaktív aeroszol üledési sebessége függ a légkörbe juttatott radioaktív anyagok mennyiségétől is: nagy hatóerejű nukleáris fegyverkísérletek évében, és az azt követő évben megnő mind a száraz (v_{sz}) mind a nedves üledési sebesség (v_n). Érdekes azonban megjegyezni, hogy a csapadékos napokon az üle-

egyes arányosság lépne fel. 1971, 1976 és 1981-ben azonban a kínai atomfegyver kísérletek hatására kiugróan magas nedves üledési arányokat tapasztaltunk.

Végül még a légköri víz-körforgalomba jutó radioaktív nehézhidrogén, a trícium-izotóp mesterséges források miatt megnövekedett koncentráció-értékeit nézzük meg. Mint már volt róla szó, mind nukleáris fegyverkísérletek során, mind atomerőművek normál üzemelése során jut trícium (T) a légkörbe, ahol HTO nehézvíz molekulákat alkot. A nehézhidrogén aránya a természetes vizekben 10^{-18} nagyságrendű. Ha $T/H = 1 \times 10^{-18}$, akkor azt 1 trícium egységnek (TU) nevezzük. Természetes, ún. mélységi vizekben, – amelyek nem érint-

ben, az 1963-as atomcsend egyezmény előtt végrehajtott légköri robbantásokból. A mérési adatokból meg-



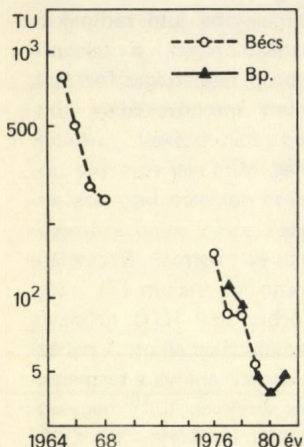
7. ábra:

A nedves üledés és az összes üledés aránya 1966-84 között Budapesten, valamint a csapadékos napok száma évenként

kaptuk az egyes években a nedves üledés és az összes üledés arányát is, amit a 7. ábrán mutatunk be. Ugyanezen az ábrán szaggatott vonallal jelöljük a csapadékos napok számát. Természetes körülmények között az év csapadékos napjai és a nedves üledés aránya között első közelítésben

keznek sem a légkörrel, sem a felszíni vizekkel vagy csapadékvízzel – a trícium koncentráció 10-20 TU. Az elmúlt évtizedekben jelentősen megnőtt a csapadékvíz trícium koncentrációja, amint azt a 8. ábra mutatja. 1965-ben Bécsben a csapadékvízben évi átlagban megközelítette a 800 TU-t,

majd fokozatosan csökkent. Újabb mérési sorozat szerint a 70-es évek végén a csökkenés folytatódott, 1980-81-ben 40-50 TU volt a Budapesten felfogott csapadék trícium koncentrációja.



8. ábra:
A csapadékvíz évi átlagos trícium koncentrációja Bécsben és Budapesten TU egységben

Összefoglalva tehát, mind a légköri aeroszol összes-béta aktivitása (5. ábra) mind a csapadékvíz trícium-koncentrációja (8. ábra) az elmúlt 2-3 évtizedben csökkent, ha nem is megszakítás nélkül, a légköri fegyverkísérletek számának csökkenésével. Igaz, az atomerőművek száma egyre nő, így a légkörbe jutó radionuklidok mennyisége is várhatóan növekedni fog, de csekély mértékben, szabályozott és ellenőrzött körülmények között.

Takácsné
Dr. Bónis Katalin



KISLEXIKON

FOLYÓIRATUNKBAN ELŐFORDULÓ SZAKKIFEJEZÉSEK MAGYARÁZATA

A légköri optika inverz feladata

(Műholdas információk távirati formában)

A légkör állapothatározóinak (hőmérséklet, nyomás, nedvesség) szerkezeti felépítésének és összetételének meghatározása a meteorológiai műholdak segítségével mért, felszínről kilépő sugárzási adatokból.

Atomfegyver hatóereje

(A mesterséges eredetű légköri radioaktivitás)

Az atomfegyver hatóerejét kilotonna (kt) ill. megatonnában (Mt) szokás megadni. Egy kt hatórőről beszélünk, ha az atomfegyver által okozott rombolás megegyezik 1 kt (=1000 tonna) trinitro-toluol (TNT) hagyományos kémiai robbanóanyag pusztításával. A Hirosímára ledobott atombomba 20 kt hatóerejű volt, ma már több Mt-s hatóerejűek a háromlépcsős (fissziós – fúziós – fissziós) bombák.

Becquerel (Bq)

(A mesterséges eredetű légköri radioaktivitás)

A radioaktivitás egysége. Egy *becquerel* annak a radioaktív forrásnak az aktivitása, amelyben 1 s alatt átlagosan 1 radioaktív atommag alakul át. $1 \text{ Bq} = 1 \text{ s}^{-1}$.

Effektív hőmérséklet

(A Venus meteorológiája)

Minden test a T hőmérsékletétől függően sugároz energiát. Stefan-Boltzmann törvénye szerint a test egységnyi felületéről időegység alatt kisugárzó összes energia a sugárzó test abszolút hőmérsékletének negyedik hatványával arányos:

$$E = \sigma \cdot T^4$$

A σ arányossági tényező értéke: $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} [\text{Wm}^{-2} \text{K}^{-4}]$. Ez a törvény és a σ érték szigorúan csak az abszolút fekete testre érvényes (amely a ráeső sugarakat teljes egészében elnyeli, ill. sugárzás esetén a legnagyobb mértékben bocsátja ki). A törvény alkalmazhatóságát egy fiktív hőmérséklet definiálásával terjeszthetjük ki.

Egy test *effektív hőmérséklete* megegyezik a test által kisugárzottal azonos E energiával sugárzó abszolút fekete test hőmérsékletével.

Ekvivalens feketetest

(Műholdas információk távirati formában)

Az ekvivalens feketetest idealizált test, amely az összes belső sugárzást elnyeli, visszaverése zérus.

Fait accompli (francia, e: fetakompli)

(Évtizedünk érdeklődésének homlokterében: az éghajlat)

Befejezett, megmásíthatatlan tény.

Koaguláció

(A mesterséges eredetű légköri radioaktivitás)

Kolloid rendszerben kis részecskék nagyobb részecskékké való egyesülése.

Schirokné Kriston Ilona

A VENUS METEOROLÓGIÁJA

Ez év júniusában ért el a Venus légterébe a Vega-1 és Vega-2 szovjet űrszonda, amelyeknek egy-egy részegysége leszállt a bolygóra. A sikeres program eredményeiről még keveset tudunk. Most kezdődő, több részes cikksorozatunk ezért még csak az eddigi ismeretek összefoglalóját adja, de ennek birtokában bizonyára olvasóink is jobban tudják majd értékelni a legfrissebb kutatási eredményeket.

(szerk.)

I. A légkör felépítése és anyagi összetétele

A bolygók légkörének a vizsgálata nem csupán a naprendszer eredetének és fejlődésének a jobb megértése miatt fontos, hanem információ forrás a Föld légkörének, klímájának és klímaváltozásának a megítélése szempontjából is.

E cikksorozatnak az a célja, hogy bemutassa a Venus meteorológiai-klimatológiai viszonyainak legfőbb vonásait. A planetáris meteorológia keretén belül tanulmányozni fogjuk a légkör törvényszerűségeit, termális és dinamikai tulajdonságait. Így az első részében a bolygó általános tulajdonságairól lesz szó: a légkör felépítéséről és anyagi összetételéről. Második cikkünkben a Venus felhőzetével foglalkozunk majd, a harmadikat pedig a bolygó légkörében végbemenő mozgások leírásának szenteljük.

A Venus és a Föld összehasonlítása

A Venust a Földdel való nagy hasonlósága miatt a Föld „ikertestvére” is szokás nevezni. Valóban létezik néhány olyan paraméter, amely nagy hasonlóságot mutat a Földdel, mint bolygóval, de kicsit is részletező analízisből tüstént kitűnik, hogy az „iker” olyan átalakuláson, annyira

más fejlődési úton ment át, hogy ma legfeljebb távoli „unokatestvér”-nek nevezhető.

Amint az I. táblázatból kitűnik, a két bolygó mérete valóban meglepően azonos. Hasonló a pályák excentricitása is, de nagy eltérés van a tengelykörüli forgásban, és ezáltal a Coriolis-erőben. Megjegyezzük még, hogy a Venus ellentétes irányban forog. Egy venusi év rövidebb, mint földi párja.

A Venus tömege csak valamivel kisebb, mint a Föld tömege. Ami az átlagos sűrűséget illeti: nagyon közel álló. A gravitációs gyorsulás valamivel kisebb a Venuson. A Venus reflektivitása kétszerese a földi albedónak; ezért látjuk olyan fényesnek, és ez a fényesség a zárt felhőzetnek köszönhető. A földi légkör átlagos effektív hőmérséklete 25 K-nel magasabb a Venuson fellépő átlagos effektív hőmérsékletnél.

Látható, hogy a két bolygó adatai alapján valóban rokonságról lehet beszélni, de a két bolygó légköre nagyon eltérő tulajdonságú.

A Venus és a Föld légkörének összetétele

Az összehasonlító bolygókutatásban nagy szerepet szentelnek a légkörök egybevetésének. Ezt több tényező is indokolja. Részben a kisugárzások spektrális felbontása, a rádióhullámos mérések és nem utolsósorban az űrszondák közvetlen behatolásai nagy pontosságú információt nyújtanak a légkör anyagi összetételére vonatkozóan. Ezek az információk nem csupán a jelenkori állapot leírásához jelentenek támpontot, hanem segítségükkel következtetni lehet a geológiai múltira is, sőt hipotézisek felállításával a jövő várható fejlődéséről is mondhatunk valamit. A további érdeklődés hajtóereje az is, hogy jelenlegi felfogásunk szerint a különböző bolygók légköre eltérő fejlődési szakaszban van; így a Venus vagy Mars mai légkörének a megismerése támpontot adhat a földi légkör életritmusának pontosabb megítélésénél is.

A légköröket alkotó gázok között megkülönböztetjük a légkört alkotó főgázokat és járulékos gázokat. A főgázok a légkör fő alkotó elemei, de a felhőképződésben, a termális tulajdonságok kialakításában a járulékos gázok jelentenek nagyon hatékony szerepet.

I. táblázat

A Vénusz és a Föld csillagászati jellemzői

	Venus	Föld
Naptól vett távolság	108 millió km	150 millió km
Átlagos sugár	6050 km	6371 km
Pálya excentricitás	0,07	0,17
Az Egyenlítő hajlásszöge a pályasíkhoz	3,39°	23,45°
Forgási periódus	242 nap 14 óra 24 perc	23 óra 56 perc
Nap körüli forgás	225 (földi) nap	365 nap
Tömeg	48,75 · 10 ²⁰ tonna	59,75 · 10 ²⁰ tonna
Átlagos sűrűség	5,25 kg/dm ³	5,52 kg/dm ³
Gravitációs gyorsulás	8,88 m/s ²	9,81 m/s ²
Holdak száma	0	1
Átlagos albedo	0,76	0,30
Átlagos effektív hőm.	230 K	255 K

A két vizsgált bolygó légkörének összehasonlítását első közelítésben a II. táblázat adataival szemléltetjük. A fő és járulékos gázösszetevők mellett megadjuk a felszíni légnyomást és hőmérsékletet is.

Láthatjuk, hogy a Venus felszínén a légnyomás a Földön észlelhető légnyomás kilencvenszerese, a hőmérséklet pedig kerekén 450 K-nel magasabb. Ez az eltérő körülmény

II. táblázat
A Venus és a Föld légkörének jellemzői

	Venus	Föld
Felszíni légnyomás	90 atm	1 atm
Átlagos felszíni hőm.	750 K	300 K
Fő összetevők	CO ₂	N ₂ , O ₂ , Ar
Járulékos összetevők	HCl, HF, CO, H ₂ O	CO ₂ , H ₂ O, O ₃
Felhőborítottság	≈ 100 %	50 %

okozza azt, hogy a jelenlegi felfogások szerint a Venus felszíne kémiai egyensúllyal jellemezhető; a Föld felszínére pedig a tengerekkel való borítottság jellemző.

Míg a földi légkör fő gázai, az N₂ és az O₂ nagy szerepet játszanak az élet kialakításában, a járulékos gázok közül a H₂O és a CO₂ az üvegházhatásban, az ózon pedig a sugárzásvédelemben, addig a Venus légkörének nagy CO₂ tartalma főleg az üvegházhatásban nyilvánul meg. A nyomokban előforduló hidrogén-fluor (HF), a szén-monoxid (CO) és víz szintén fontos szerepet játszik mind az üvegházhatásban, mind a légkör egyéb tulajdonságaiban. A sósavnak (HCl) egyes felfogások szerint a felhőképződésben is van szerepe.

A Venus légkörének 95 térfogatszázaléka szén-dioxid. A Föld légkörében ennek az értéke 0,03. A nitrogén (N₂) és az argon (Ar) részaránya a Venus légkörében 5 %, ezzel szemben a földi légkör 79 %-a nitrogénből áll. A Venuson 10⁻³ térfogat százaléknyi oxigént (O₂) mutattak ki, és mint ismeretes a földi légkörben 21 %-nyi oxigén van. Az ózon (O₃) részaránya a földi légkörben 10⁻⁸ – 10⁻⁵ térfogatszázalék, a Venuson 10⁻⁶ térfogatszázaléknyi értéket mértek. Míg a földi légkörben 1 %-nyi vízgőz léphet fel, addig a Venuson csupán 10⁻³ – 10⁻² térfogatszázaléknyi vizet lehet kimutatni. A Venus légkörében ötször annyi szén-monoxid található, mint a földi légkörben (10⁻⁵ térfogatszázalék).

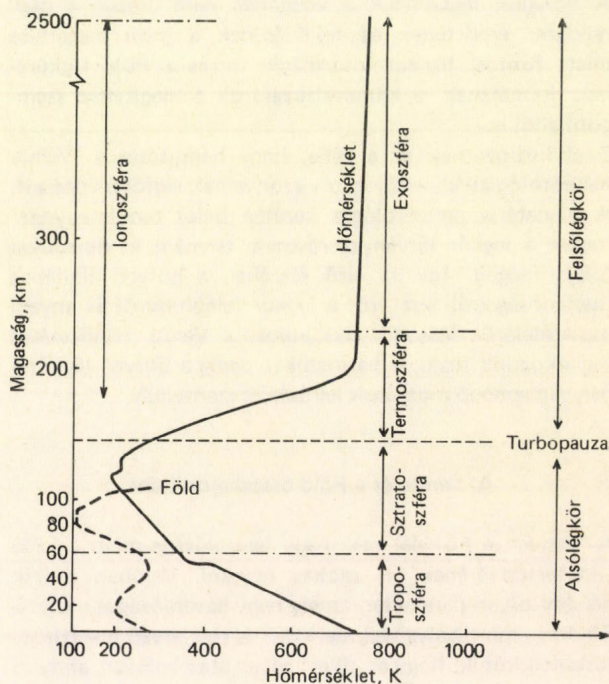
Az erősen eltérő anyagi összetétel következményeként a Venus légkörének molekulasúlya 44, szemben a földi légkör 29-es molekulasúlyával. A molekulasúlyokban fellépő különbség és az eltérő nehézségi gyorsulás következménye az, hogy a Venus légköre esetén a homogén légkör magassága, az ún. skála-magasság 14,9 km, a Föld légköre esetében pedig ez az érték 8,4 km.

A Venus légkörének tagozódása

Ismeretes, hogy a Föld légköre jól elhatárolható rétegekre bontható fel. A felbontásnak az alapja — elsősorban — a hőmérsékleti rétegződés. Ma már a Venus hőmérsékleti

szondázása is olyan magas fokon áll, hogy lehetőség van az egyes zónák kijelölésére a Venus atmoszféráján belül. Ezeknél a rétegeknél amint az az 1. ábrából látható, megtartották a földi légköri rétegekre vonatkozó elnevezést. Az ábra vízszintes tengelyén a hőmérsékleti értékeket találjuk abszolút fokokban (K). A függőleges tengelyen a felszín feletti magasságokat tüntették fel.

Láthatjuk, hogy a gyors, közel adiabatikus (10,5 °/km) hőmérséklet csökkenés szakasza 75-80 km-ig tart a Venuson; ez a troposzféra. Efölött egy enyhén csökkenő, majd némileg emelkedő hőmérsékletű szakaszt különíthetünk el, a venusi sztratoszférát. Ez kb. a 130-140 km-es magasságig terjed. A sztratoszféra fölött a termoszféra foglal helyet; ebben a magassággal erősen emelkedő hőmérséklet van. A hőmérséklet emelkedés 210 km tájékán fejeződik be, és efölött a konstans hőmérsékletű exoszférát találjuk.



1. ábra:
A Venus légkörének rétegződése

A troposzféra és a sztratoszféra együttesen alkotják az alacsony légkört, ezt a turbopauza választja el a felső légkörtől. A turbopauzától a 2500 km-es határig terjedően ionoszféra foglal helyet.

Az elmondottakból látszik, hogy a venusi légkör függőleges szerkezete nagy hasonlóságot mutat a földi légkör termikus felépítettségével, eltérés nem annyira a szerkezeti sajátosságban, mint inkább a fellépő hőmérsékletek abszolút értékében van.

Amint azt az 1. táblázatban feltüntetett albedo értékek mutatják, komoly különbség van a két bolygó felhőzete között. Legközelebbi cikkünket a felhők kialakulási mechanizmusának és az üvegházhatás jelenségének fogjuk szentelni.

Dr. Rákóczi Ferenc

MŰHOLDAS INFORMÁCIÓK TÁVIRATI FORMÁBAN

Az időjárás előrejelzésekkel szemben támasztott fokozott népgazdasági és társadalmi követelmények kielégítése érdekében az előrejelzési módszerek állandó fejlesztése mellett fokozott gondot kell fordítani a *minden* meteorológiai tevékenység alapját képező észlelési adatok körének bővítésére, tér- és időbeli felbontásának növelésére és pontosságának javítására. Ebben a rövid írásban szeretnénk áttekintést adni ezen fejlesztés egyik irányáról, nevezetesen a kódolt formában közreadott műholdas információk természetéről és a várható fejlődés irányairól.

A Globális Megfigyelő Rendszer által szolgáltatott információk

Mint ismeretes, *világméretben* a Meteorológiai Világszervezet által létrehozott „Időjárási Világszolgálat” (World Weather Watch = WWW) feladata a meteorológiai adatok gyűjtésének, továbbításának és feldolgozásának megszervezése és koordinálása. Ezen feladatkörnek megfelelően a WWW há-

ket, amelyeket a hazai szolgálatban is általánosan használunk. Megjegyezzük, hogy az alrendszerek tovább, nevezetesen globális, regionális és nemzeti szintű összetevőkre bonthatók, azonban jelen írásunkban a WWW részletes ismertetésére nem vállalkozunk (a részletes ismertetést lásd Czelnai R.: A meteorológia eszközei és módszerei. OMSZ, Budapest, 1980. 10-64 old.). Az 1. ábrán látható, hogy a Globális Megfigyelő Rendszer *föld- és űrbázisú alrendszereiből* tevődik össze. Míg az első alrendszerhez tartoznak az összes szárazföldi és tengeri állomások, a különböző léggömbök, aerosztátok és rakéták által szállított szondák stb., addig az űrbázisú alrendszer legfontosabb elemeit a geoszinkron és kvázipoláris pályájú meteorológiai műholdak jelentik. Ezek a műholdak a kontraszt hatás elve alapján nagy mennyiségű műholdfelvételt készítenek és továbbítanak a Földre, de mérik a légkörből kilépő sugárzás intenzitását is a spektrum különböző tartományai-ban. A *kvalitatív* jellegű műholdas képfelvételek közvetlen felhasználása mellett az utóbbi időben előtérbe ke-

GTS hálózatában is. A két megfigyelő alrendszer által szolgáltatott és jelenleg általánosan hozzáférhető adatok főbb jellemzőit az 1. táblázat tartalmazza.

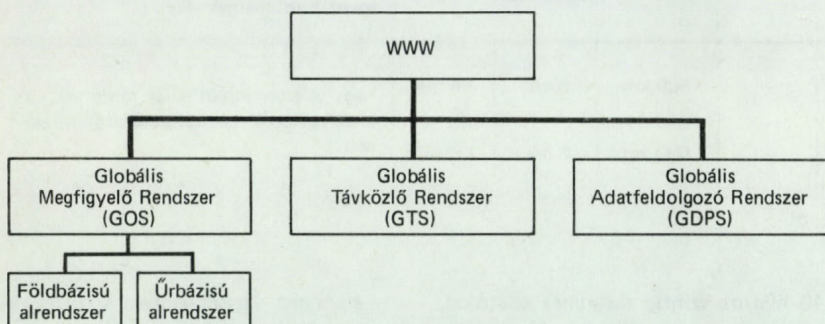
A táblázatból jól látható, hogy a műholdas információk sok tekintetben kiegészítik a földbázisú alrendszer által szolgáltatott adatokat, ugyanakkor a mintavételezés természetében, a mérési hibák nagyságában és tulajdonságaiban attól jelentősen el is térnek. Ezen körülmények hosszú ideig hátráltatták a meteorológiai állapothatározókra vonatkozó származtatott műholdas információknak az operatív előrejelzési gyakorlatban történő felhasználását. A speciális adatasszimilációs eljárások kidolgozásával azonban az akadályok döntő része ma már leküzdöttnek tekinthető, és célszerűnek látszik az általánosan elérhető műholdas eredetű meteorológiai jelentések rövid áttekintése.

A GTS hálózatában forgalmazott műholdas eredetű információk

Közismert, hogy a meteorológiai információk kódolva, mérési helyük és a mért meteorológiai paraméterek szerint táviratokba csoportosítva érkeznek a felhasználókhoz. A táviratok fajtáiról és a kódokról a WMO Kongresszusa dönt, és az ezekre vonatkozó tudnivalókat a tagországok a megfelelő WMO kézikönyvből ismerhetik meg. Így van ez a műholdas információkkal is.

A kódolt információ fajtája szerint jelenleg négyféle műholdas távirat ismert. Ezek a SAREP, a SATEM, a SARAD és a SATOB táviratok. Az alábbiakban ezek információtartalmát tekintjük át.

A *SAREP távirat* a szinoptikusan interpretált műholdas felhőadatokat tartalmazza. A kód 2 részre tagolt. Az A rész tartalmazza annak a földfel-



1. ábra:
A Meteorológiai Világszolgálat alrendszerei

rom ún. *alrendszerből* áll az 1. ábrának megfelelően. Az ábrán az egyes alrendszerek mellett feltüntettük azokat a – megfelelő angol nyelvű megnevezésekből adódó – rövidítése-

rült a meteorológiai állapothatározók numerikus értékeinek műholdas képi vagy sugárzás intenzitási adatokból történő származtatása. Ilyen adatokat ma már rendszeresen forgalmaznak a

színi vagy adott esetben tengeri állomásnak az azonosítóját, amely a műholdas felhőképet vette. Ugyancsak az A részben kerülnek közlésre a trópusi ciklonokra vonatkozó információk, és ez a rész használatos a trópusi ciklon felhőrendszerének leírására. A ciklonokról készült műholdkép előállításának időpontja külön csoportban kerül rögzítésre. Ugyancsak ebben a részben kapunk információt a felhőtömeg középpontjának – vagy a trópusi ciklon-

vonatkozóan szintén tartalmaz kódcsoporthoz a távirat, valamint szerepelnek még benne a hó-, illetve jégfelszínre vonatkozó információk is. A táviratokra jellemző, hogy mindkét részt külön jelentésként, csak önmagában is lehet továbbítani.

A *SATEM táviratok* a nyomás, a hőmérséklet és a nedvesség műholdas felsőlégköri távszondázásának eredményeit tartalmazzák. A távirat 4 részből tevődik össze. Az első két rész csak a

tok és az elkészített feldolgozások, – a szondázási pont földrajzi koordinátái, a szondázott terület felhőfedettsége, valamint a felhőfajták meghatározása, – adott standard referencia szint(ek)-re vonatkozó rétegvastagsági adatok (relatív geopotenciál), – adott nyomási szint és a standard izobárszintek közötti rétegek által tartalmazott kihullható vízmennyiség összegei,

I. táblázat
A Globális Megfigyelő Rendszerben jelenleg mért adatok főbb jellemzői

Megfigyelés módja	Megfigyelés típusa	Mért paraméterek	Vertikális	Horizontális	Időbeli	Véletlen hibák	Megjegyzések
			fel b o n t á s				
Földfelszíni állomások (SYNOP, SHIP)	szinoptikus	P_s^*	—	**	3 óra	$\pm 0,1$ hPa	A kereskedelmi hajók által szolgáltatott adatok minősége erősen ingadozó.
		T_s	—		3 óra	$\pm 1^\circ\text{C}$	
		$\vec{V}_s$	—		3 óra	± 1 m/s	
		r_s	—		3 óra	$\pm 5\%$	
Aerológiai szondázások (TEMP, PILOT)	szinoptikus	T	≈ 50 hPa	**	6 – 12 óra	$\pm 1^\circ\text{C}$	$\pm 2^\circ\text{C}$ hőmérsékleti hibák a sztratoszférában. Nagy hibák a széladatokban kis radar-szögeknél. A hibák vertikálisan korrelálnak.
		$\vec{V}$	≈ 50 hPa		6 – 12 óra	± 1 m/s	
		r	≈ 50 hPa		6 – 12 óra	$\pm 5\%$	
Repülőgépes megfigyelések (AIREP, ASDAR)	aszinoptikus	T	—	500-1000 km (AIREP)	folyamatos	± 3 m/s	Gyakran tapasztalhatók nagy hibák az AIREP jelentésekben. Az ASDAR jelentések minősége kiváló.
		$\vec{V}$	—	150 km (ASDAR)			
Műholdas vertikális hőmérsékleti szondázás (TOVS)	aszinoptikus	T	≈ 200 hPa	500 km (GTS adatok)	folyamatos (6 óra)	$\pm 1,5-2^\circ\text{C}$	Nagy hibák a felhős területeken, ahol csak a mikrohullámú egység alkalmazható. A mérési hibák vertikálisan és horizontálisan korrelálnak.
Műholdas tengerfelszín hőmérsékleti megfigyelések	aszinoptikus	T_s	—	2-10 km	folyamatos	$\pm 1-2^\circ\text{C}$	Szisztematikus hibák különösen a trópusokon fordulhatnak elő.
Szélvektorok származtatása műholdas felhőképek alapján	aszinoptikus	$\vec{V}_{\text{alsó}}$ (≈ 850 hPa)	—	500 km	6 óra	± 6 m/s	Nagy szisztematikus hibák fordulnak elő a szélvektorok magasságának azonosításánál.
		$\vec{V}_{\text{magas}}$ (≈ 200 hPa)	—	500 km	6 óra	± 12 m/s	

* Az „S” jelölés a meteorológiai elemek felszíni értékeire utal

** Az állomások térbeli eloszlása rendkívül egyenetlen

nak, illetve a ciklon szemének – a helyzetéről. A trópusi ciklon középpontjának mozgására vonatkozó ismert adatok is közreadásra kerülnek. A távirat második része 5 különálló szakaszból áll. A B rész elején – a pozicionális adatok után – kerül sor a felhőzet megadására szinoptikus típusok szerint. A felhőelemek mozgásából származtatott szélinformációkra

10 hPa-os szintig tartalmaz adatokat, az utolsó kettő pedig a 10 hPa-os szint feletti értékeket tartalmazza. Az egyes részek e jelentésben is különálló szakaszokra tagolódnak, amelyeknek önálló jelentéstartalmuk van.

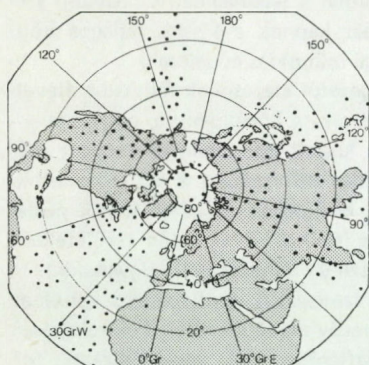
Az egyes szakaszokban a következő információk kerülnek kódolt formában közreadásra:

– a műhold azonosítása, a bemenő ada-

– standard izobárszintek közötti réteghőmérsékleti és a tropopauzára vonatkozó adatok,
– nem standard nyomásszintek közötti hőmérséklet értékek,
– nem standard nyomásszintek közötti kihullható vízmennyiségre vonatkozó adatok.

Megjegyezzük, hogy a SATEM jelentéseket hosszabb ideje kiterjedten al-

kalmazzák a numerikus előrejelzésben mind a globális, mind pedig a regionális előrejelzéseket készítő központokban. Mivel ezek a jelentések nagy óceáni területeket fednek le, ezért nagyon hasznos kiegészítő információkat szol-



2. ábra:

SATEM szondázási pontok elhelyezkedése 1979. december 6-án 12-24 GMT között

gátatnak az objektív analízis számára. Példaként a 2. ábrán mutatunk be egy jellegzetes térbeli eloszlást.

A SARAD táviratok a tiszta (felhőmentes légkörön áthaladó) sugárzás

spektrális intenzitás-eloszlására vonatkozó adatokat tartalmazzák. A 4 szakaszból álló jelentésben a következő alapinformációk találhatók:

- a műhold azonosítója és a mérés időpontja,
- a műhold helyzetének adatai, a felhőzetre vonatkozó adatok és a zenit-szög,
- tiszta radiancia adatok energiaegységekben kifejezve,
- tiszta radiancia adatok ekvivalens feketetest hőmérsékleti egységben kifejezve.

Nyilvánvaló, hogy a fenti két adat egymásból közvetlenül számítható a Planck-törvény segítségével:

$$R = \frac{c_1 \nu^3}{\exp(c_2 \nu/T) - 1},$$

ahol R a radiancia $\text{mW}/(\text{s} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{sr} \cdot \text{cm}^{-1})$ egységekben, T az ekvivalens feketetest hőmérséklet Kelvin fokokban, ν a vizsgált csatorna hullámhossza cm^{-1} egységben, c_1 és c_2 adott konstansok. A távirat tartalmára vonatkozóan követelmény, hogy a különböző csator-

nákon mért értékeket a hullámszám szerint csökkenő sorrendben kell megadni. Amennyiben bizonyos csatornaszámra nincs adat, úgy a legkisebb és a legnagyobb mért érték közötti adatokat kell sorrendben közölni mind az energiaegységekben kifejezett adatok, mind pedig az ekvivalens feketetest hőmérsékleti egységeiben kifejezett adatok esetén.

Jól látható, hogy a SATEM és a SARAD táviratokban közölt adatok között szoros kapcsolat van. Az alapvető összefüggés természetesen abban áll, hogy mindkét jelentés ugyanazon műholdas információn alapul, azonban míg a SARAD jelentések csupán minimális mértékben előfeldolgozott sugárzási adatokat tartalmazznak, és feltételezik, hogy a felhasználó rendelkezik a táviratok feldolgozásához (lényegében a légköri optika inverz feladatának megoldásához) alkalmas programcsomaggal, addig a SATEM jelentésekben éppen a hagyományos információk bevonásával megoldott inverz feladat eredményeit adják közre.

A SATOB jelentések a szél, a felszín-

II. táblázat

Az időjárás előrejelzésekhez szükséges globális adathálózat megfigyelési követelményei 2000-ben

Megfigyelt elem	Horizontális felbontás (km)	Vertikális felbontás réteg	Pontosság (RMS)	Megfigyelések gyakorisága (mérés/nap)	
				Követelmény	Javasolt
Léghőmérséklet	250	a troposzférában 10	$\pm 0,5 - 1,0^{\circ}\text{C}$	2	4
		a sztratoszférában 5	$\pm 1,0 - 2,0^{\circ}\text{C}$		
Szél	250	a troposzférában 10	$\pm 1 - 2 \text{ m/s}$	2	4
		a sztratoszférában 5	$\pm 2 - 3 \text{ m/s}$		
Relatív nedvesség	250	4	jobb mint $\pm 30 \%$	2	4
A tengerfelszín hőmérséklete	250	—	$\pm 0,5^{\circ}\text{C}$	három napra átlagolt értékek	
Légnyomás	250	—	$\pm 0,2 \%$	2	4
Léghőmérséklet			$\pm 0,5^{\circ}\text{C}$		
A felszín állapota*	—	—	—	—	—
Műholdas képanyag**	Legalább 3 km-es felbontású képek	Legalább 3 réteg és felhőtető magasság	jelenleg nem meghatározott	8	—

* A felszín állapota alatt a talajnedvesség, az albedó, a hó- és jégtakaró mennyisége stb. értendő. A térbeli felbontás és a mintavétel gyakorisága jelenleg még nem rögzített.

** A műholdas képanyag azért szerepel a táblázatban, mert növekvő mértékben alkalmazzák a vertikális mozgás, a horizontális divergencia, a vízgőz, a kihullható vízmennyiség és a felhőfedettség szinoptikus skálájú mezőinek előállítására.

hőmérséklet, a felhőzet, a légnedves-ség és a kisugárzás műholdas megfigyelési adatait tartalmazza. Az időpont és az adat-azonosítást követő információ-csoportban a meghatározott nyomási szinteken észlelt felhőzet hőmérsékletét, valamint széladatokat adnak közre, feltételezve, hogy ez utóbbiak a felhőmozgásból számíthatóan rendelkezésre állnak. Emellett a jelentésnek létezik olyan szakasza, amely abban az esetben is nyújt információt a felhőmozgásból számítható széladatokról, amikor a felhőhőmérséklet értékek ismeretlenek.

A távirat további részében felszínhőmérsékleti adatok közlése történik, természetesen csak olyan esetekben, amikor ezek az adatok ismeretesek. Úgyisntén megkaphatjuk a különböző felhőrétegek okozta borultságot az összborultság százalékában, valamint az egyes rétegek felső határának hőmérsékletét is. Szerepel a kódcsoporthoz a minimális felhőtető magasságra vonatkozó adattömb, és úgyisntén jelen vannak a troposféra nedvességére vonatkozó adatok is. Az utolsó szakaszban a radiációs egyensúlyi adatok kerülnek közreadásra.

Rövid összefoglalásunkból látható, hogy a kódolt formában közreadott

műholdas adatok köre már ma is jelentős. Az előrejelzési gyakorlatban történő bevezetésük viszont természetesen feltételezi a Kód Kézikönyvben (Manual on Codes) részletesen leírt távirati forma tanulmányozását.

Következtetések

A fentiekben ismertetett kódolt formában közreadott műholdas információkat a globális, a regionális és egyes nemzeti előrejelző központokban már ma is intenzíven alkalmazzák az operatív gyakorlatban. Azonban, mint ahogy ez az *I. táblázatból* is látható, a közreadott információk köre és a mérési pontosság hogy még kívánnivalót maga után. Különösen rossznak látszik a helyzet, ha a *II. táblázattal* vetjük össze, bár megjegyezzük, hogy ez a táblázat a WWW által 2000-re tervezett *globális* adatköveteléseket foglalja össze. Természetesen regionális vagy nemzeti méretekben sokkal sűrűbb és pontosabb mérésekre van szükség.

A *II. táblázatból* szembetűnő, hogy a mérési pontosság viszonylag csekély növelése mellett elsősorban a tér- és időbeli adatfedettség növelésére helyezi a hangsúlyt, és jelentős mértékben számol azzal, hogy az operatív

előrejelző gyakorlatba egyre nagyobb mértékben épülnek be az aktív felszín állapotára vonatkozó információk. A jelenlegi észlelési költségek és azok növekvő tendenciája ismeretében kézenfekvő az a következtetés is, hogy a tervezett globális megfigyelő rendszerben a jelenleginél is nagyobb szerepet kapnak a kisebb fajlagos költségű műholdas észlelések.

Végezetül szeretnénk felhívni a figyelmet arra a körülményre, hogy a *jelenleg* kódolt formában közreadott műholdas információt a kis szolgálatoknál elsősorban az adathiányok pótlására (elsősorban az óceáni területeken) célszerű felhasználni. Ugyanakkor a kis szolgálatok rendkívül érdekeltek az ultrarövidtávú kis térségű előrejelzések készítésében (pl. veszélyjelzések céljára), amelyek speciális adatigényét elsősorban a nemzeti hálózatban gyűjtött adatokból lehetséges kielégíteni. Ennek a nemzeti hálózatnak azonban fontos elemét kell hogy képezze az az intenzív megfigyelő rendszer, amely több más feladata mellett alkalmas a műholdas radiancia mérések közvetlen vételére és ezek felhasználásával a megfelelő nagy tér- és időbeli felbontású vertikális hőmérsékleti és nedvességi profilok származtatására is.

Dévényi Dezső – Pártai Lucia

KÉT ÉJSZAKA A KÖRHÁZBAN

Kiegészítés a „Meteorológus III” tanfolyam „Földtudományok” című jegyzetéhez

A színhely fővárosunk egyik baleseti kórházának népes kórterme, ahol 14 ember próbál reménytelenül megküzdeni a kórházi éjszakák roppant hosszú, végetérni nem akaró álmatlanságával. Az egyik beteg a szigorú kórházi rend lámpaoltása után azt kérdezi a többiek-től, hogy akadna-e a szobában olyan beteg, aki érdekes témák kifejtésével álomba ringatná a többi. Valaki a sötétben vállalkozik arra, hogy elmondja álláspontját

olyan *természettudományi* kérdésekről, amelyek a betegársak részéről felmerülnek. Arra gondolt, hogy számára is érdekes lesz, hogy 14 különböző műveltségű, véletlenül összekeverült személy kulturálisan reprezentatívnak tekinthető csoportja milyen természetudományi témák iránt érdeklődik.

A felajánlás után hamarosan megindult a kórterem sötétjében — valóban személytelenül — a kérdések sorozata.

A válaszok, amint sorra következnék, adják a két kórházi éjszaka elaltató szándékú ismertetéseit.

AZ ELSŐ ÉJSZAKA

1.

A titokzatos Bermuda-háromszög

Jelentéktelen kis államocskája az Atlanti-óceán északnyugati részén, az USA közelében fekvő *Bermuda*. Másfélszáz apró és egy nagyobb

szigetből, továbbá mintegy 200 korallzátonyból áll. Területe alig haladja meg az 50 km²-t, lakosainak száma pedig az 53000 főt. A szigetet 1503-ban felfedező *Bermudez* spanyol hajós aligha kapott dícséretet feltevéseitől a terméketlen szigetek megtalálásáért. Minden esetre róla *nevezték* el a kis országot, amely hamarosan brit gyarmat lett, majd a 40-es években a régebben brit „függő terület” legnagyobb szigetén az USA ha-

ditengerészeti és légi bázist létesített s ezzel hadászati jelentőségű támaszponttá vált.

Mindmáig — ahogyan mondani szokták — a kutya sem törődött *Bermudával*, amit az is igazol, hogy a földrajz órák felelet-drukkja után legtöbbször azt sem tudta, hogy a világon van (egyértelmű mormogás a kórterem sötétjében). A 40-es évek végén történt azonban, hogy néhány próbarepülést végző, valószínűleg amerikai harci repülőgép a bermudai támaszponttól ide keveredett és támaszpontjára sohasem tért vissza.

Bermuda így keltett rossz hírét még növelte, hogy annak a nagy háromszögnek a térségébe, amelynek egyik csúcsa a *bermudai főváros*, másik az USA-beli *Florida*, a harmadik pedig *Kuba*, amelyet újabban *bermudai háromszögnek* neveznek, azóta több hajó is bemerészkedett, s ezek — a szóbeszéd szerint — titokzatos módon szintén eltűntek. Jól értesült drukkerek szerint erős mágneses zavarok vannak a térségben, amelyek a hajók, repülőgépek mágneses irányjelzőit megzavarják, és elterelik a járműveket a helyes irányból. A megzavart hajók és repülőgépek talán körben járnak, és azóta sem tudnak kikeveredni az átkos háromszögből!

Eltekintve attól, hogy a *rádióadás* feltalálása óta az iránytű fontossága a légi és a tengeri helymeghatározásban és iránykeresésben sokat veszített régi rangjából, a járműveknek a keskeny háromszögből előbb-utóbb elő kellett volna kerülniük, hacsak hosszában nem hajóznak ide-oda, ami a kapitány ügyetlenségére vallana.

A tömeghangulat és az érdeklődés azonban úgy alakult, hogy végül is egy nem-

zetközi *expedíció* kereste fel a térséget megfelelő mágneses műszerezettséggel (más programjuk is volt) a feltételezett anomáliákat megállapítandó.

Végül is igazuk lett a hitetlen tudósoknak: semmiféle rendellenességet sem találtak a sértetlenül visszatérő hajók, *kacsa* volt a bermudai háromszög meséje, de az is lehet, hogy a kacsa felröppentése célzatos volt: ne okvetetlenkedjenek idegenek ebben a hadászati kényes térségben.

2.

A lochnessi szörny rejtélye

A rejtély színhelyét, *Lochnesst* hiába keresné az érdeklődő a földrajzi nagy atlaszokban, nem találja. Valójában ennek a tónak a neve, amelyben a szörny úszkál, a *Nessi-tó*. A „loch”-szócska skót-angol szó, ta-

voltaképpen ketté szeli. Ezen a víziúton az *Atlanti-óceán* feltételezett vízi szörnyei meglehetősen bonyolult úton ugyan, de végeredményben eljuthatnak a *Nessi-tóba*, de ott — alig félvén el az aránylag szűk tó medencéjében — alaposan zavarba jönnek, amíg nehezen visszatalálnak a szabad tengerbe.

Igy érthető, hogy a „lochnessi szörny” rejtélye — a divatos képes magazinok szenzációs hírei révén — évtizedeken át izgalomban tartotta az angol és általában a nyugati közvéleményt, de — amint látjuk — *begyűrűzött* hozzánk is. A kis tó látogatói: turisták és kirándulók olykor-olykor látni vélték a szörny egy-egy hatalmas testrészét, óriási farkát, a hátán elképzelt taréjának ~~halmait~~, amint a szörny tovaúszott és eltűnt a mélyben.

A képeslapok „szavahihető” szemtanúk rajzait idézve bő



Nessi-tó

vat, szűk tengeröblöt jelent, s csak a hibás magyar szóhasználatban került a *Nessi-tó* elé, úgy gondolom, kizárólag a „szörny”-nyel kapcsolatban.

A *Nessi-tó Skóciában* található, a skót *Északnyugati-Felföld* egyik bájos völgyében. Vízrajzilag összefügg a *Kaledóniai Csatornával* keresztül az *Északi-tenger* két öblét összekötő víziúttal, amely *Skócia* szárazföldjét

kommentárokat közöltek a látottakról. A nagy szenzáció felkeltette a nagy tengeri kutatóintézetek figyelmét is. Számos expedíció kereste fel a tavat, megfejtendő a rejtélyt; amely ha nem is bizonyult volna igaznak, érdekes adatot nyújtott volna a tenger halainak bonyolult vándorútjairól. Sajnos, hiába volt a kutatók nagy türelme, nem sikerült a ravasz állatot meglesniük.

Végül egy ambiciózus újságíró heteket szánt arra, hogy a szörnyet fényképezőgéppel leleplezze. Mindennap kiült a tó partjára szörnyet lesni. Elutazása előtt (dolgavegzetlen) sikerült végre meglátni a szörnyet — az újságíró leírása szerint teljes nagyságában sűtkérezett a víz felszínén — de sajnos, az ambiciózus újságíró fényképezőgépe már az úti csomagjában volt, így hiteles fénykép ekkor sem készült a szörnyről.

Nem csoda, ha a szkeptikus tudósok ma sem hisznek a lochnessi szörnyről szóló tudósításoknak. A hajózás és a halászat fejlődésével megdőlték az öreg tengeri medvék meséi is, amelyekkel a jámbor szárazföldieket riasztgatták, az Óceán szörnyű állataival, amelyek nagy ~~vitorteshajókat~~ képesek összeroppantani és a tenger mélyére húzni.

Ilyenformán a lochnessi szörny ~~meséjét~~ is elérte a hírlapi ~~kacsa~~ sorsa: lassan feledésbe ment, sőt a szenzációkat hajhászó magazinok műsoráról is hovatovább eltűnik.

3.

Az UFO-k, a zöld emberkék, ITI, Mork és a többiek

1947 nyarán egy pilóta az USA-beli *Washington-államban* kilenc, ezüstösen csillogó, ide-oda röpködő tárgyat pilantott meg, amelyek — szerinte — óriási *csészealj*hoz hasonlítottak. Ezt követőleg az USA-ban sokan láttak hasonló „repülő csészealjakat”. A „csészealjak” a hivatalos (katonai) szóhasználatban az *UFO-k* (Unidentified Flying Objects) elnevezést kapták.

Az *UFO-k* a felfedezésüket követő évtizedekben az USA és általában a nyugati világ hírlapjaiban hihetetlen

karriert futottak be. A különböző képes magazinokban számos „hiteles” fénykép jelent meg az UFO-kat látni vélők bőséges szövegével. A históriára hajló közvélemény egyetértett azzal, hogy a titokzatos csészealjak szovjet légitámadás előkészítését szolgálják! Az volt csak a különös, hogy az UFO-kat senki sem látta földre leszállni, s hiába küldtek üldözésükre modern vadászgépeket, egyet sem sikerült közülük leszállásra kényszeríteni vagy elfogni. Új tudomány született az USA-ban: az ufológia, amely meg is magyarázta az UFO-k repülési technikáját, miszerint a csészealjban rejtőző űremlékek tetszésük szerint ki- és bekapcsolhatják a Föld és gépük közti tömegvonzást, azaz gépük számára a földi gravitációs teret. Így függőlegesen felrepülhetnek, és le is ereszkedhetnek a talajra (érdekes, hogy az utóbbit senki sem látta). Vízszintesen a fény sebességével repülnek, a sokkal lassúbb vadászgépek ezért tehetetlenek velük szemben. (Ezt viszont sokan látták.)

Az ufológusok szerint egy UFO a *Nevadai-sivatagban* lezuhant, a benne meghalt 16 „zöld emberke” holttestét azonban az állami szervek eltüntették. *Venuslakó* is volt az egyik elfogott UFO-ban, ez a hatóság fogásában van. (Eszert az UFO vagy a *Venusról* jött, vagy „útközben” a venuslakó beszállt?)

Az UFO-lázzal azonos méreteket öltött napjainkban a gyermekek kedvencével kapcsolatos, „begyűrűzött” járvány: valahonnan az űrből érkezett földönkívüli (Extra terrestrial = ET/ITI torz, de kedves figurája, hasonlóképpen a TV-filmek ugyancsak titokzatos eredetű, de őszin-

te, becsületes, szimpatikus *Mork* alakja).

Amikor az UFO-láz kezdett kényelmetlen méreteket ölteni az USA-ban, a Kormány összeállított a *Colorado-Egyetem* tudósiból egy bizottságot E.U. Condon professzor vezetése alatt. A Condon-jelentés az UFO-kra vonatkozó látottakat, a zöld emberkék és a venuslakó meséjét fantázia-termékeknek bélyegezte, a fényképekről pedig kiderült, hogy hamisítványok.

A csalódott közvélemény természetesen nem hitt a tudósok véleményében. Sokan még ma is látni vélik az űremlékeket ide-oda szállító UFO-kat. Mindenesetre a „jószándékú” ufológusok szerint a nálunk fejlettebb társadalomból érkező űremlékek UFO-ik röpködésével az atomháború veszedelmeire akarják az emberiség figyelmét felhívni.

Vannak sokan, akik megvannak győződve arról, hogy a régmúltban sok látogató érkezett hozzánk más égitestekről, nyomaikat megőrizte a szájhagyomány. Ilyen pl. a híres „tunguz-meteor” pusztítása, amit sokan földönkívüli rakéta le- és fel szállásával magyaráznak. De a *Bibliában* is találunk olyan csodálatos történeteket, amelyek földönkívüliek látogatásával és hirtelen távozásával magyarázhatók. Pl. *Illés* próféta mennybevívő tüzes szekere, amely űrhajó lehetett; *Szodoma és Gomora* pusztulása pedig atomrobbantásra emlékeztet (ezt az űremlékek jobb híján nálunk végezték el). Csak az a csodálatos, hogy mindez a régmúltban történt (kimentünk volna Űrénél a divatból?).

Egyébként se szeri, se száma a hasonló fantasztikus történeteknek, de nem voltak ezekről mentesek a babonára hajló, régebbi idők sem.

A múlt század végén spanyol parasztok egy barlangból kilépő két, zölde színű gyermeket találtak. Ruhájuk ismeretlen anyagból készült. A zöld szín nem volt lemosható bőrukra. Arcukon negroid vonások voltak felismerhetők, de mandulavágású szemük ázsiai eredetre vallott! Csak frissen szedett zöldbabot voltak hajlandók enni. A kisfiú hamarosan meghalt, a kislány évekig élt még. Megtanult spanyolul és elbeszélte, hogy fivérével olyan országból jöttek, ahol sohasem látják a Napot. Az örökös homály országát egy nagy folyó választja el, a kislány elbeszélése szerint, a napsütötte országtól. Egy alkalommal — a parasztok beszélték — egy váratlan légörvény felkapta a leányt és visszavitte a barlangba. A szemtanúk szerint a zöld gyermekek a *Marsról* jöttek, bőruk zöld pigmentációjának a napfény hiánya lehetett az oka. Valóban a kislány bőre évek múltával halványodni kezdett.

Mindezeket a *Galaktika* című tudományos fantasztikus antológia egyik kötetében olvastam. A szerző véleménye szerint az egész a földönkívüliek részéről egy-egy rosszul sikerült kísérlet lehetett. A marsbeliek a földi embereknek a váratlan események által kiváltott reakcióit tanulmányozták (talán megismerendő az esetleges fogadtatást?). A gyermekek itt felejtése hiba volt, amelyet a váratlan légörvény korrigált volna.

Ugyancsak ez lehetett a célja az 1969-ben egy, a vásárbán mutogatott *neandervölgyi ősember* megjelenésének, aki jégömbbe volt befagyva. Csodálatosképpen golyó ütötte seb volt a testen! Sajnos, a kihívott antropológusokat ősről nem vár-

ta meg, eltűnt (esetleg eltűntették?).

1952-ben az USA-ban egy szörnyet láttak kilépni egy vibráló vörös gömbből. Ez a „feltwoodi szörny” a csendőrök érkezése előtt szintén eltűnt a közeli erdőben, s a nyomában maradt bátor csendőr csak egy 4 méter magas, zöld páncélt öltött vitézt látott az erdőben eltűnni. Az óriás nyilván a szörny lehetett, de a vitéz csendőr — érhető okokból — nem igazoltatta. A kihívott sheriff csak a vitéz hátrahagyott kellemetlen szagát konstatálhatta.

Ez a történet kísértetiesen hasonlít egy *nigériai* újsághírhez. Eszerint a nigériai rendőrök elől egy tolvaj fekete kutyává válva az erdőbe menekült. Szag nem maradt utána, de az ügyetlen rendőrök becsülete meg volt mentve!

A tudományos fantasztikus irodalom (*Science-Fiction* = SF) nagyon gazdag hasonló történetekben rejtélyesen eltűnt személyek, családok, egész hadtestek olyan hátrahagyott nyomokkal, amelyek légi úton történt szöktetésről tanuszkodnak.

A SF irodalmi sikereit, olvasó táborát nem szabad — valószínűtlen történetei ellenére sem — lebecsülnünk. A műfaj nagy múltja és neves elődökre tekinthet vissza, s az a kérdéscsoport, amely a földönkívüli életre és itt a civilizáció létezésére irányul, az űrkutatásnak és a csillagászatnak, valamint a napjainkban kialakult űrbiológiának arra az előidéire nyúlik vissza, amikor a régi görögök felfedezték, hogy az éjszakai égbolt világító csillagai nem lyukak, amelyeken át a tündöklő égbolt fénye látható, hanem a *Naphoz* hasonló égi objektumok. *Thalész*, a hét görög bölcs egyike tanította, hogy a csillagok ugyanolyan anyagból

állnak, mint a Nap, sőt mint a Föld. Egy másik bölcse, *Métrodórosz* kissé gorombán azt állította, hogy „bortorság a Földet a végtelen térség egyetlen lakott világának tekinteni, ugyanúgy, mint azt állítani, hogy egy hatalmas bevetett mezőn csak egyetlen búza sarjadhat ki.” *Métrodórosz* nem sejtette, hogy túlzottnak vélt hasonlatával nem is mondott nagyot.

A harmadik görög filozófus, *Anaxagorász* tudtán kívül megalapozta a középkor ún. *panspermia-elméletét*, amikor azt állította, hogy az „élet csírái” más csillagokból kerülhettek valaminő módon a Földre. *Epikurósz* követői is azt vallották, hogy „sok lakott világ van a mi Földünkön kívül”.

A görög bölcsek korát követően — mintegy másfélezer éven át — a középkorban *Ptolemaiosz* geocentrikus (*földközpontú*) világképét fogadta el a tudományos világ s ezt *Arisztotelész* tekintélyével és az *Egyház* hatalmával védte (inkvizíció). „Földünk a Világ központja, az élet egyetlen színtere, máshol értelmes élet nem fejlődhetett ki” mondták a geocentrikus nézet hívei, egyúttal a hatalom birtokosai.

Ezt a hitet csak a XVII. században élt lengyel csillagász *Kopernikusz* oszlatta el egy egyszerűbb, ún. heliocentrikus (*napközpontú*) szemlélet alapján. Ennek értelmében nem a Föld, hanem a Nap van a Világ középpontjában, a Föld pedig a Naprendszer egyik, számszerint a harmadik bolygójává degradálódott.

Ezt a „trónvesztést” nehezen vette be a földközpontú, hitében elbizakodott középkori gondolkodás. Az óvatos *Kopernikusz* (pap volt) után a szókimondó és heliocentrikus meggyőződését

bátran hirdető *Giordano Bruno* szerint „a Világban számtalan Föld létezik, s ezeket a Világokat élőlények lakják.” Vakmerő tanok voltak ezek abban az elbizakodott világban, amely az egyedül-létezését nem akarta megosztani semmiféle más teremtménnyel. Szegény *Bruno* meg is lakolt vakmerőségéért: megégették!

A Felvilágosodás korában sok író, filozófus barátkozott meg a lakott világok sokaságának gondolatával. *Voltaire* és követői, kívülük *Kant*, *Laplace*, *Herschel* már nem is vitatkoztak a heliocentrikus világnézet igazáról, tényként fogadták el azt. *Newton* még a Napot is lakhatónak tartotta, a napfoltokat pedig kitekintésre alkalmas nyílásoknak vélte. Ma már tudjuk, hogy a Nap felülete rendkívül magas hőmérsékletű (több ezer fok) s kizárja mindennemű élet kialakulását, erről csak a bolygókon lehet szó. Hasonlóképpen, ha az élet nyomait keressük az Univerzumban, nem a csillagokban, hanem a bolygókon kell kutatnunk.

A XIX. század végén *William Wawell*, angol tudós már azt is kimondhatta, hogy nem minden bolygó alkalmas az élet kialakulására, érdemes tehát az „alkalmasság” kritériumait megvizsgálni.

A XIX. század tudósai fellevenítették *Anaxagorász*nak „*panspermia-elméletét*”. Ezt a svéd *Arrhenius* azzal egészítette ki, hogy az élet csírái — amelyek öröktől fogva létezhetnek — valahogyan átjuthattak egyik bolygóról a másikra (így eljuthattak a Földre is) a *fénynyomás* erejének közvetítésével.

A modern biológia, különösen a molekuláris biológia arra törekszik, hogy az élet

keletkezését a *teremtés* misztikus gondolatának beiktatása nélkül, a *materialista természettudomány* érveivel magyarázza. Az utóbbi az *Arrhenius* kiegészítette *panspermia-elmélettel* nem lett okosabb, hiszen nyitva maradt a vándorló spermák eredete. Mindenesetre az idők jelének tekinthetjük, hogy akkoriban a földközpon-tú világképről már senki sem beszélt.

A felvilágosult filozófusok tanai még nem tekinthetők a modern tudományos *fantasztikus irodalom (SF)* előfutárainak éppenúgy, mint a megelőző idők és a jelen század inkább fantasztikus, mint tudományos irodalma sem. Ezek az írók a lakott világokban az élők jelenlétét adottnak tekintették (az eredet keresése nélkül). Fantázia-utazásokat képzeltek el, vagy űrbéli látogatók földi tartózkodásáról, reakcióiról közöltek fantasztikus elgondolásokat (hasonlítanak a *TV Mork*-figurájához).

A fantasztikus irodalom ilyen klasszikusai közül megemlíthjük az egyiptomi *Nanoferkaptah*-ot, a számos fáraó egyik írnokát, aki a Föld belsejében tett képzeletbeli utazást a Bölcsek Könyve felkutatása végett (hogy megtalálta-e, nem tudom). Ezen írók közé tartozik *Cyrano de Bergerac*. Ő utazott gondolatban először a *Holdba*. Ide soroljuk *Jules Verne*: „Utazás a Holdba” című könyvét. Ezt és általában *Verne* munkáit ifjú korunkban lelkesen olvastuk, s a lehetetlent el is hittük mindaddig, amíg a józan fizika ki nem ábrándított bennünket *Verne* mesevilágából. Bevallom, én magam ma is szívesen olvasom *Verne* regényeit, de velem együtt a mai ifjúságnak is kedvenc kaland-regényírója, *H.G. Wells*: „Láthatatlan ember” és „A világok harca”

című regényei a *világirodalom* értékei közé tartoznak. A fantasztikus irodalom remekei közé sorolják *J. Keplernek* „útibeszámolóját” holdbéli utazásáról, *H. Pickering* történeteit ugyanitt a rovarok vándorlásáról, *E.A. Poenak* különös történeteit, hasonlóképpen *Jonathan Swift* műveit *Lilliputban* és az óriások földjén tett látogatásairól. Az utóbbiak a felnőttek számára írt remek társadalomrajzok, de egyúttal az ifjúság kedvenc kalandregényei.

A hazai írók közül — a teljességre törekvés nélkül — megemlíthjük *Herczeg Ferenc* nevét, aki „Napkeleti meséinek” egyikében egy snajdig huszártiszt kalandját meséli el, aki visszarepül a múltba, ott a szép dédmama kegyeiért csaknem párbajba keveredik saját dédapjával. Még jókor eszébe jutnak megszületésének nehézségei, ha netán dédapját lelőné. Annak idején sokan olvasták *Jókai Mór*tól „A jövő század regényét”. Most kissé csodálkozva olvassuk, hogy az írófejedelem a *Habsburg*-családnak még a jövő században is történelmi szerepet szánt. Dehát prognózist csinálni — amint egy szeizmológus a nemzetközi kongresszuson mondotta — nagyon nehéz, különösen a jövőre!!

A felsorolt írókat a modern *SF*-irodalom nem tartja elődeinek. Korunk egyik legsikeresebb *SF* szerzője: *Isaac Asimov*, a bostoni egyetem professzora, akinek tudományos fantasztikus trilógiája (*Alapítvány*, *Alapítvány és Birodalom*, *Második Alapítvány*) magyarul is megjelent, erről így ír:

„A régebbi íróknál a jövőbe helyezett színhely gyakran ürügyül szolgál, hogy a fennálló világot és az uralkodó társadalmi rendszert kritikusan, sőt szatirikusan áb-

rázolja. Voltaire gúny tárgyává tette ezen a módon korának esztelenségeit egy álmélkodó, a Földre kívülről érkező élőlény szemével szemlélve. Ugyanígy nagy hatást ért el egy fikcióból kiindulva *Mórus Tamás*: Utópiája, hasonlóképpen *Swift*: Gulliver utazásairól szóló munkája, nem különben *Montesquieu* perzsa levelei. Ezek az írók koruk társadalmát összehasonlították egy földönkívüli, kitalált állam társadalmával. Jóllehet írásaik haladók és hasznosak voltak, nem tartoznak a mai, modern SF-irodalom előz-

ményeihez. Az utóbbit ugyanis a jövő önmagáért érdekli, és az elképzelt társadalmi viszonyokat nem kizárólag a *jelenkor* társadalmi viszonyainak nevetéséssé tételére alkalmazza. Elképzelhető az is, hogy elsődlegesen csupán *szórakoztatni* akar.

Az SF-irodalomban radikális fordulat következett be a XVIII. században: az emberekben feléledt a kíváncsiság aziránt, hogy milyen lesz az élet a jövő fejlett társadalmában. — Az SF-irodalom nem a technológia jelentőségét hangsúlyozza, hanem figyelmét az emberre

és a társadalomra irányítja. Így jutunk el az igazi SF-irodalmába”.

Ha *Verne Gyula* technikai-
lag ma már túlhaladott utópisztikus regényeire gondolunk, igazat kell adnunk *Asimov*nak. Amit pedig az SF-irodalom „szórakoztató” feladatáról mond, arra vonatkozólag elegendő az SF-irodalom nagy olvasótáborára hivatkoznunk.

Az itt leírtakat természetesen kérdések előzték meg. Éjfél elmúlva a beszélő abahagyja a különböző fantasztikus történetek elemzését, de az utoljára elhangzott kérdést, amely az Uni-

verzumban az *élővilág* kialakulásának, elterjedésének, civilizálódásának, kapcsolatainak lehetőségére vonatkozott, a beszélő maga is érdekesnek találta. A feleletre nem lévén már idő, ennek kifejtését a legközelebbi alkalomra halasztani javasolja (álmos helyeslés a kórterem sötétjéből). *Jó éjszakát mindenkinek!*

Budapest, 1985. január 31.

a beszélő: Dr. Béll Béla
akadémikus

TORNÁDÓ KANADÁBAN

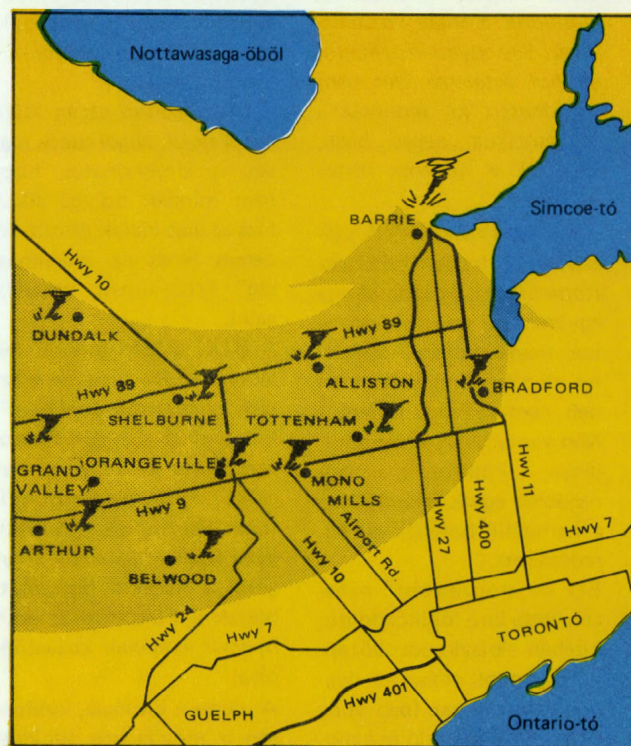
Ontario, 1985. május 31., péntek délután

A Huron tó és a környező mezőgazdasági területek felett sűrű, nehéz zivatarfelhők gyülekeztek. A jelekből úgy tűnt, hogy a kialakuló vihar igen nehéz lesz, de komolyabb veszélyre most sem gondolt senki sem. Ez a vidék ugyanis igen kedvező a heves záporok és zivatarok kialakulására, mivel a tavak és a szárazföldek között nagy hőmérsékletkülönbségek jöhetnek létre. Most is ez történt, de egyszerre minden megváltozott és elszabadult a pokol.

Valamikor a délután folyamán megindult a talaj közelében erősen felmelegedett levegő feláramlása. Ez a feláramlás egyre erősödött, ezt bizonyította a rohamosan növekvő gomolyos felhőzet, a *Cumulus congestusok* kialakulása is. A feláramló levegő áttörte a magasabban fekvő hideg levegőréteget, és mintegy kényszerítette a hideg levegőt a leáramlásra. Ez a fel- és leáramló mozgás felgyorsult, és valamivel 16 óra előtt a hideg levegő függőleges tengelyű örvénylő mozgásba kezdett, amelynek kiterjedése néhány km volt. Alig 20 perccel később az egész örvénylő tömeg egy tömör és zárt rendszerré, tornádóvá fejlődött. A lecsapó hideg levegőben egy még koncentráltabb forgó feláramlás jött létre, úgy hogy ez a kétirányú örvénylő mozgás egy hatalmas tölcseré formálódott az égen.

Néhány másodperc múlva, 16 óra 20 perckor az első tölcser elérte a földet, és egy kb. 5 km-es sávban mintegy fölgereblyázta a talajt Dundalk környékén. A szélmérő műszerek ezt már nem tudták követni. Néhány fát kicsavarva 16 óra 30 perckor Arthur falucskára csapott le egy tornádó, majd 10 perc múlva, feltehetően egy újabb tornádó,

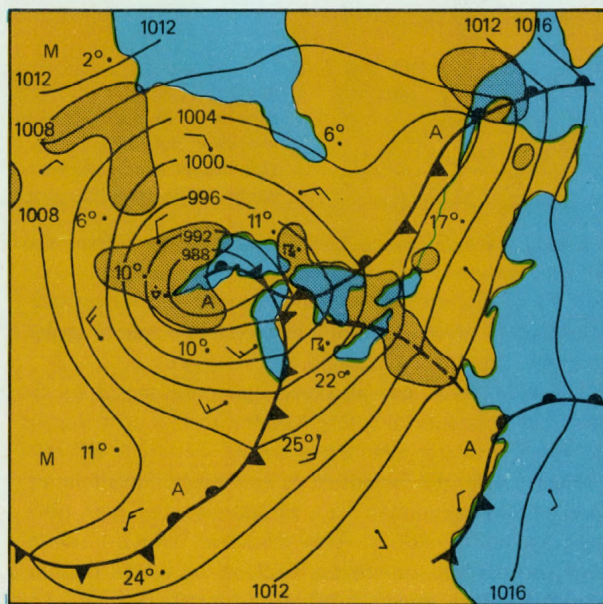
amely ugyanennek a viharnek a szülőtte volt, szinte feltépte Grand Valley majd Shelburne környékének házait, embereket sebesítve meg és kiterjedt pusztításokat okozva,



1. ábra: A tornádó szívási pontjai

miközben útját Alliston felé folytatta. Szinte ugyanezen percekben csapott le egy tornádó Orangeville-re, majd röviddel utána Mono Millsre, Tottenhamra, végül Bradfordra. Egy tornádó, talán a legerősebb, 17 óra 13 perckor teljes erejével söpört végig Barrie-n, halálos csapást mérve e tömrenti szép városkára. Az 1. ábrán nyomon követhetők a tornádók. Szinte bizonyos, hogy nem egy tornádó pusztított Ontario délnyugati területein, hanem ugyanannak a viharzónának a különböző pontjain alakultak ki ezek a félelmetes örvények.

Még a meteorológusok sem voltak biztosak a felhőtölcsérek számában, mivel feltehetően nem mindegyik érte el a talajt. Egy szemtanu találoán úgy nyilatkozott, hogy fi-



2. ábra:
Időjárási helyzet 1985. V. 31. 1200 GMT-kor

gyelve az örvénylő vihart, úgy tűnt, mintha egy forrásban levő vizet figyelt volna, ahol magát a forrást jól lehet látni és érzékelni, de az egyes felszálló buborékokat igen nehéz lett volna megszámolni.

A le-, lecsapó örvényeket mindenütt pusztítás és halál követte. Az első órákban 12 embert nyilvánítottak holtá, többen eltűntek, a sebesültek száma pedig meghaladta a 200-at, közülük többnek az állapota válságos volt. Százak váltak hajléktalanná, míg több ezren maradtak energia és víz nélkül hosszabb vagy rövidebb ideig. Ami az anyagi kárt illeti, nem hivatalos jelentések szerint több 10 millió dollár. A tornádó sújtotta területeket katasztrófa zónának nyilvánították.

Milyen volt az időjárási helyzet a térképek alapján? Mit láthattak a meteorológusok a radarernyőn? Milyen információk álltak a rendelkezésükre, amelyekből ilyen katasztrófára lehetett volna következtetni?

A szinoptikus térképeken – itt csak a 1200 GMT-t közöljük (2. ábra) – nyomon követhető volt az a nagykiterjedésű ciklon, amely ezen a napon a Georgian-öböl felett helyezkedett el, és dél-délkelet irányba mozgott, záporokat, zivatarokat, helyenként jégesőket okozva. Látván a rendszer gyors mozgását és intenzitásának növekedését, a

torontói Időjárási Hivatal a reggeli órákban már heves záporokat és zivatarokat, helyenként erős szeleket jelzett előre elsősorban Ontario délnyugati területeire. A tornádók esetleges kialakulásáról azonban ekkor még nem esett szó.

Az első viharjelentés 13 óra 50 perckor érkezett a központba. A viharvonal, amely a hidegfrontot megelőzte és egyre intenzívebbé vált, 14 órakor jelent meg a torontói központ radarernyőjén, és 45 km/h sebességgel haladt kelet felé. 14 óra 30 perckor ezért tornádó riasztást adtak ki Ontario délnyugati területeire. Az első tornádó, amint azt már tudjuk, 16 óra 20 perc körül csapott le Arthur városka közelében. A jelentés erről 16 óra 45 perckor jutott a meteorológusok tudomására. Kb. ugyanebben a pillanatban az egyik heves tornádó már Grand Valley környékén okozott nagy pusztításokat. A vihar vonulása (3. ábra) ekkor igen felgyorsult dél felé, majd hirtelen kelet felé fordulva folytatta útját és 3 óra 30 perc alatt végigszángulodott Ontario délnyugati területei felett. 17 óra 30 perckor King City felett volt, miközben erős zivatarokat figyeltek meg a viharvonalától délre eső területen is, de a szélsősebesség itt csak 55-60 km/h volt. 18 órakor a vihar a Simcoe tó keleti partjait elérve ismét megerősödött. Ekkor adták ki a tornádó riasztást Peterborough környékére, amely 21 óráig tartott. A tótól nyugatra eső területeken a veszélyállapotot már 19 órakor feloldották. A vihar északkelet felé folytatta útját. Az ottawai időjárási hivatalnak kb. 19 óra 30 perckor jelentették, hogy tornádó csapott le Trenton környékére, néhány fát kicsavarva és vízvezetékeket megrongálva. 20 órakor a vihar megérkezett Ottawába 100 km/h szeleket és heves zivatarokat okozva. Több helyen hullott jégeső. A vihar intenzitása ezek után egyre gyorsabban csökkent és említésre méltó esemény már nem történt.

A tornádó a legrövidebb életű, de egyben a leghevesebb időjárási jelenség. Ez egy kb. 100 m átmérőjű örvény, amelyben a labilis levegő igen gyorsan forog. A középpont-hoz közel a légköri nyomás sokkal alacsonyabb, mint a környező levegőé, ezért a szél sebessége 500 km/h is lehet, amely még a leghevesebb trópusi ciklonokban előforduló szélsősebességeket is túlhaladja. Modern megfigyelési eszközökkel (pl. időjárási radar) kimutatható, hogy a tornádó sokkal általánosabb jelenség, mint azt előzőleg hitték. Legnagyobb gyakorisággal Észak-Amerika területén fordulnak elő, különösen Kansas, Missouri és Iowa államban. A Mississippi völgyében 1973-ban több mint 1000 tornádót regisztráltak. A keleti és északi államokban, valamint a Sziklás hegység területén szinte sohasem vagy csak nagyon ritkán figyelhetők meg.

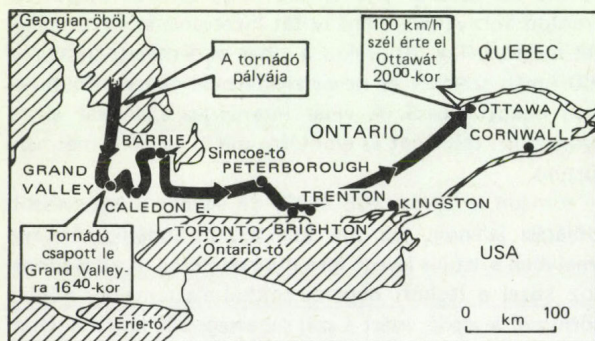
Legveszélyesebb hónapok április, május és június, tehát a tavasz és a koranyár, amikor a Csendes-óceán és a Sziklás hegység keleti térsége között a legnagyobb a hőmérsékletkülönbség. Ami a napszakos változást illeti, legnagyobb gyakorisággal kora délután kb. 3-6 óra között alakulnak ki, amikor a konvektív aktivitás a maximális.

Második helyen Ausztrália déli része áll, de már jóval kisebb számú tornádóval illetve trombával. Ezen kívül, a trópusi övezeteket kivéve, szinte mindenhol előfordulhat nagyobb víztölcsér, sőt tornádószerű forgószelek. Megjegyzendő, hogy Európában, sőt Magyarországon is gyakrabban

fordul elő, mint gondolnánk, figyelembe véve, hogy nem minden tornádóról szerzünk tudomást. Hazánkban átlag 2-3 évente egy esettel számolhatunk. Igen emlékezetes volt 1972. május 19-én az a balatoni tornádószerű vihar, amely Tihany keleti partjain és a balatonfüredi sétányon söpört végig, megtizedelve az ősi szilfasort.

Bár azokat az időjárási helyzeteket amelyben a tornádók előfordulhatnak jól ismerik, azt, hogy hol és mikor fognak lecsapni, még nem tudják pontosan előrejelezni. A radar ugyan nagy segítséget jelent elsősorban a tornádók felderítésében és haladásuk követésében, mivel ennek alapján a „hol” kérdésre pontosabb figyelmeztetést adhatnak a meteorológusok, a „mikor” kérdésre azonban még igen nehéz a válasz, mert a tornádók kialakulásának mechanizmusa részleteiben még nem ismert eléggé. Közvetlen méréseket veszélyessége miatt nem lehet végezni, így maradnak a laboratóriumi kísérletek és az elméleti megfontolások.

A jelenlegi ismeretek alapján a tornádó kialakulásának mechanizmusát az alábbiakban foglalhatjuk össze. Mint időjárási feltétel elsősorban meleg, nedves, trópusi vagy szubtrópusi légtömeg jelenléte, nagyfokú instabilitás, erős hőmérsékleti és nedvességkülönbségek, valamint erős magassági szél szükséges. Amennyiben a két levegőfajtát egy gyenge inverzió választja el és a meleg, nedves levegőréteg felett hideg, száraz levegő helyezkedik el, hirtelen gyorsuló feláramlás jöhet létre abban az esetben, ha az inverzió alatt megindul a termikus konvekció. Ez utóbbi eredménye-

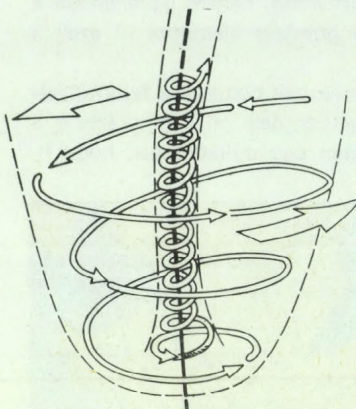


3. ábra:
A tornádó pályája

képpen vékony felhőréteg jön létre, az újabb termikek hatására azonban az inverzió miatt a felhőalap süllyedni kényszerül. Ez nedves adiabatikusan történik, mivel a vízcseppek párolgására hő vonódik el. A felhő alatti levegő is süllyedésre kényszerül, ez azonban már száraz adiabatikusan történik, így a felhőalap levegőjéhez képest egyre melegebbé válik. Ennek következményeképpen intenzív termikus konvekció esetén a felhőalap alján ún. *mammatusok* alakulnak ki, amely már a tornádók keletkezése előtti jellegzetes felhőforma. Végül is ez a gyorsuló és erősödő fel- és leáramlás az inverziós réteg átszakadásához vezethet. Ezzel azután megindul a meleg és nedves levegő erőteljes feláramlása, amely az adott légrétegződés mellett fokozódó labilizálódáshoz, majd robbanásszerűen gyorsuló feláramláshoz vezet.

A centrális feláramlás következtében olyan örvény keletkezik, amelynek belsejében erőteljes szívóhatás lép fel és ez befelé, a forgástengely felé húzza a levegőt.

A másik változat egyszerűbb, miszerint ha a frontális szél-nyírás vonala mentén valahol, valamilyen ok folytán intenzív feláramlás indul meg, ez feltétlenül befelé szívja és ezáltal közelíti egymáshoz az ellentétes áramlásokat, aminek következtében kialakul egy függélyes tengelyű örvény (4. ábra). Az örvény fala a centrifugális erő miatt dinamikusan zár, tehát új levegő a kürtőbe csak alulról tud belépni. En-



4. ábra:
A tornádó idealizált áramlási rendszere (található Czelnai-Götz-Iványi: A mozgó légkör és óceán c. könyvben, 99. ábra)

nek nagy része az örvény külső oldaláról jut a tölcser alsó nyílásán keresztül a rendszerbe, tehát már egy keringésben lévő levegő áramlik be. Az impulzusmomentum megmaradása miatt a külső pályáról a belső pályára áramló levegő keringési sebessége igen megnő.

A tölcseren belül igen alacsony légnyomás alakul ki. Ez azért tud hosszabb ideig megmaradni, mert a centrifugális erő fékezi a tölcser alján a beáramlást. Ez a tény elősegíti a tölcser lefelé való terjedését és amint eléri a talajfelszínt, zárul a belső vákuumtér. Ez a záródás azonban nem tökéletes, így hol itt, hol ott rések maradnak, ahol a külső levegő igen hevesen áramlik be. Ezek az ún. szívási pontok, és nyilvánvalóan ezeken a helyeken következnek be a katasztrófák.

A fentiekből kitűnik, hogy a tornádók kis területű, nagy hatásfokkal pusztító időjárási képződmények. Mivel az örvény középpontjában a légköri nyomás sokkal alacsonyabb, mint a környező levegőé, a szélesebbesség 500 km/h is lehet, amely még a leghevesebb trópusi ciklonok esetén előforduló sebességeket is túlhaladja. A szél és a légnyomás együttes hatása olyan, hogy hatalmas károkat okozhat, sőt az emberélet is veszélyben van. Egyedül az USA-ban évente átlagosan 700 tornádó fordul elő, de a halálesetek száma a 100-at alig haladja meg. Ez részben azért van, mert a tornádók közül számos ártalmatlanul halad végig lakatlan területeken, másrészt azok az időjárási helyzetek, amelyek a tornádó kialakulásához vezetnek elég ismertek ahhoz, hogy a meteorológusok egy általános figyelmeztetést adjanak ki, meglehetősen nagy területekre. Ha pedig egyszer már egy tornádót valamilyen eszközzel, pl. radarral felderítették, könnyű a mozgását követni és pontosabb figyelmeztetést kiadni.

Ez történt 1985. május 31-én is Torontó és Ontario körzetében, noha itt igen ritkán fordulnak elő heves tornádók. Torontó térségében az ezt megelőző pusztító erejű tornádót 1970. augusztus 30-án jegyezték fel. Érdekessége, hogy eredete akkor is a Huron tó környéke volt és Ontario délnyugati területeit sújtotta.

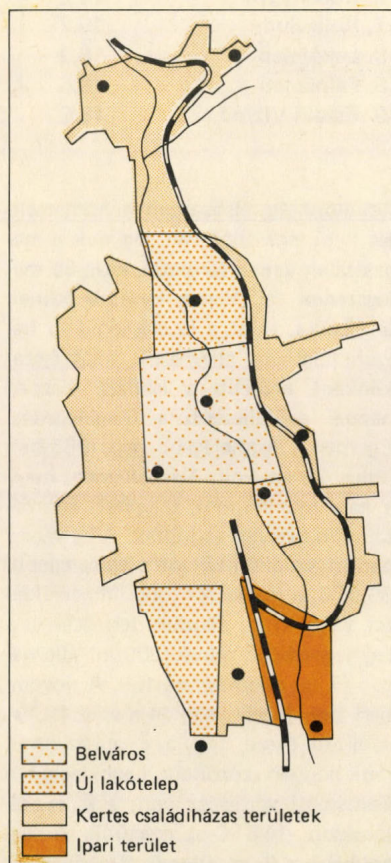
Dr. Hallamáné Lépp Ildikó

Városklíma mérések Egerben

Mint ismeretes, hazánk a közepesen városiasodott országok közé tartozik, népességének 54,2%-a lakik városokban. A városok nagysága alapján a következő megoszlásban: nagyvárosokban (100 000 fő felett) a népesség 30%-a, közepes nagyságú városokban (20-100 000 fő között) a népesség 20%-a, kisvárosokban pedig a 4%-a él. Hazánkban a városklíma kutatás viszonylag nem nagy múltra tekint vissza. Konkrét városklíma kutatások főként az 1950-es évektől Budapesten és 1974-től Szegeden folytak. 1983. január 1-től Egerben a Ho Si Minh Tanárképző Főiskola Földrajzi Tanszék szervezésében is kezdődtek ilyen irányú kutatások. Az egri klíma kutatások jelentőségét növeli egyrészt az is, hogy míg Budapest esetén egy milliós, Szeged esetén százezres városok klímamódosító hatásának megismerése a cél, addig az egri mérésekkel közepes nagyságú városok éghajlatmódosító hatását igyekszünk meghatározni. Másrészt különbségek vannak a városok területi elhelyezkedésében is. Budapest a Duna mentén síksági és hegyvidéki, Szeged a Tisza két partján alföldi jellegű város. Eger pedig egy 10 km hosszú, ÉNY-DK-i irányú – 30-50 méter szintkülönbségű – völgyben helyezkedik el. Eger az Alföld és az Északi-középhegység közötti átmeneti klíma-területen található. Hazánk egyik történelmi borvidékének központja. Napjainkban egyre jobban fellendülő idegenforgalom, üdülő- és gyógyfürdő bázissá történő fejlődés jellemzi.

Témaválasztásunk okaihoz szorosan kapcsolódik az is, hogy Eger hazánk azon városaihoz tartozik, ahol a meteorológiai megfigyelések igen korán megindultak. A kor színvonalán álló

rendszeres észlelések, mérések 1871-ben kezdődtek az Országos Meteorológiai és Földmágnassági Intézet tervezésében a cisztercita (mai Gárdonyi) Gimnáziumban, ahol az észlelések 1928-ig folytak. Közben 1925-ben a



1. ábra:
Eger állomáshálózata

Szőlészeti Kutató Intézet telepén új meteorológiai állomás létesült, s az intézet keretén belül az észlelések mind a mai napig folynak. Így tehát

Egerben ma már több mint 110 év meteorológiai észlelés adatai állnak rendelkezésünkre.

Városklíma kutatásunk azzal kezdődött, hogy a város területén 9 meteorológiai mérőállomást állítottunk fel. Az állomásokon napi háromszori mérés, észlelés történik (hőmérséklet, légnedvesség, maximum és minimum hőmérséklet). Egyes állomásokon a program kiegészül napfénytartam, szélirány és szélesség, valamint csapadékméréssel is. Az állomások helyének kiválasztásánál arra törekedtünk, hogy azok a város különböző beépítettségű területeit, város részeit reprezentálják. 1. ábránkon pontok jelzik az egyes állomásokot, függőleges vonalakkal az új lakótelepeket, pontozással a régi építésű 2-3 szintes belvárosi területeket, szürke tónussal pedig az 1-2 szintes kertes családiházak területeket jelöltük.

A méréseket folyamatosan 3 évig végezzük. Az 1983. évi adatok feldolgozása alapján már bizonyos részeredmények, következtetések levonhatók a városklíma sajátosságairól. Összegzőképpen 1983-ról elmondhatjuk, hogy a városklímakutatás szempontjából érdekes esztendő volt. Az enyhe tél, a meleg nyár, valamint a napfénygazdag május és szeptember hatására az év pozitív (+0,9 °C-os) hőmérsékleti anomáliával zárta. A borult napok száma átlagos, viszont a derült napok száma 42%-kal volt magasabb az átlagnál.

Három hónap (február, május, június) kivételével minden hónap száraznak bizonyult. Az évi csapadékhány kerek 20%. Ez kihatással volt a mezőgazdasági termelésre, főként a szőlő mennyiségi teljesítményére, a minőségre viszont a napsütéses órák követ-

kezményeként nem lehetett panasz. Kedvezett az időjárás az üdülőknél és a turistáknál is.

Ezek után röviden tekintsük át, hogy az eddigi városklíma kutatások megállapításai szerint hogyan módosulnak az egyes éghajlati elemek a városokban.

A hőmérséklet a vásorokban átlagosan magasabb, mint a város környezetében. Legmelegebb a város legsűrűbben beépített központi területe, ahol megfelelő körülmények között ún. városi „hősziget” alakul ki. A szélső értékek évi eloszlása megváltozik. Csökken a fagyos, a téli és a zord napok száma, nő a nyári- és hőségnapok száma. A hőmérséklet napi járása kiegyenlítettebb, különösen télen. A központokban a relatív nedvesség csökken, de mivel a kondenzációs magvak száma nagy, a köd gyakorisága nő.

Most pedig vizsgáljuk meg, hogy a fenti megállapítások mennyire érvényesek, illetve ezen általános megállapításoktól mennyire tér el Eger városklímája.

A város völgyi elhelyezkedése és a Bükk-hegység közelsége miatt jellegzetes városklíma nem alakulhatott ki. A hőmérséklet városon belüli alakulásában megfigyelhető egy ÉNY-D-i irányú elkülönülés a város hosszmet-szetében — és egy K-NY-i különbség — a város keresztmetszetében.

Az előbbire valószínűleg a Bükk közelsége, az utóbbi esetében a tengerszint feletti magasságkülönbség, illetve a domboldalak égtájak szerinti elhelyezkedése van hatással.

Ha a havi hőmérsékletek alakulását vizsgáljuk (1. táblázat), azt állapíthatjuk meg, hogy míg nyáron a kedvező földrajzi fekvés következtében a havi középhőmérsékletekben mindössze 0,5 °C-os különbség mutatkozik az egyes városrészek között, addig a téli félév hónapjaiban (pl. novemberben) már több mint 1,5 °C-os eltérés jelentkezik a város különböző pontjain található meteorológiai állomások havi középhőmérsékleteiben.

Mindkét esetben a belvárosi terület a legmelegebb, a leghűvösebb pedig a Bükkhöz legközelebb eső Felnémeti városrész. A 4 belvárosi állomás (4. Strand, 5. Megyei Kórház, 6. Dohánygyár, 7. Főiskola Kollégiuma) havi középhőmérsékletei között minimális a különbség, jóllehet nem azonos ten-

gerszint feletti magasságon helyezkednek el. Az Eger-patak mentén telepített 4-es (Kórház) és 5-ös (Strand) állomás (156 m) és a 6-os (Dohánygyár) állomás között mintegy 30 m, a 7-es (Főiskola Kollégiuma) állomás pedig kb. 50 m-rel magasabban helyezkedik el. E négy állomás közötti hőmérsék-

hogy a városközponti hősziget 1983-ban legjobban a nyári maximumban jelentkezett 1,5 °C-os hőmérséklet-többlettel, illetve a november havi középhőmérséklet esetében, amikor a Déli városrésznél +0,5 °C-kal, az Északi városrésznél pedig +1,5 °C-kal volt melegebb. A novemberi minimumok ese-

1. táblázat:
Hőmérsékleti jellemzők egri állomásokon 1983-ban (°C)

Állomás	Havi átlag		Napi átlag	
	Június	November	maximum (július 28.)	minimum (november 14.)
1. Szőlészet	18,8	1,5	35,4	-10,7
2. Ipari terület	18,8	1,1	35,4	-12,2
3. Kertes házak	18,8	1,2	35,2	-10,8
4. Strand	19,0	1,6	34,5	-11,2
5. Kórház	19,3	1,7	36,5	-11,8
6. Dohánygyár	19,2	1,6	35,4	-10,6
7. Kollégium	19,2	1,6	34,5	-11,4
8. Lakótelep	18,9	0,8	35,3	-11,6
9. Felnémeti	18,6	-0,1	34,5	-14,8
10. Északi Vízmű	18,6	-0,1	35,2	-14,3

letkülönbség elsősorban a hőmérséklet napi ingásában van. Ugyanis a magasabban fekvő területek kevésbé melegszenek fel, illetve kevésbé hűlnek le éjszaka, mint a legalacsonyabb helyen található állomások, ahol éjszákanként erősebb a lehűlés, viszont nappal erőteljesebb a felmelegedés. Egerben a legmelegebb nap 1983-ban július 28-án volt. Nézzük meg, hogy a napi maximumok telepített állomásainkon hogyan alakultak. A belvárosban (5. sz. állomás) volt a legmelegebb: 36,5 °C, a legalacsonyabb hőmérsékletet a strand (4. állomás) területén és a legmagasabban fekvő (200 m) állomáson (7. sz. állomás) mértük. A novemberi leghidegebb nap 14-e volt. Itt hasonlíttuk össze, hogy az e napi minimumok hogyan szóródtak. Leghidegebb a Felnémeti városrész volt, a 9. sz. állomáson -14,8 °C-ot mértünk. A legenyhébb a 6. sz. állomás (Dohánygyár területé — tengerszint felett 180 m) -10,6 °C-kal és az 1. sz. állomás (Szőlészeti Kutató) -10,7 °C-kal. A belvárosban (5.) és a mellette található legnagyobb lakótelepen (8.), a környező magasabban fekvő területeknél nagyobb volt az éjszakai lehűlés november 14-én. Fentiekből következik,

tében pedig azt állapítottuk meg, hogy a hősziget nem a város legsűrűbben beépített központjában alakult ki, hanem eltolódott déli irányba, az alacsonyabb beépítettségű területekre. Az átlaghőmérsékletben, a maximum- és a minimum hőmérsékletben mutatkozó eltérések mellett egyes időjárási helyzetekben — erős hideg — illetve meleg betörés — még jellegzetesebb, erőteljesebb különbségek alakulnak ki a város és környezete között, pl. hideg betörést követően a város 1-2 napot késve veszi fel környéke hőmérsékletét.

A relatív páratartalom értéke nyáron általában a városközpontban a legalacsonyabb, kivételt a strand területén lévő állomás (4.) képez, ahol a télenyáron vízzel telt medencék átlagban 8-10 %-kal magasabb páratartalmat produkálnak. Magasabb a relatív páratartalom értéke az átlagnál a 10. sz. állomáson (Északi Vízmű). Ez valószínűleg azért következik be, mert a közeli Mészörlőmű erőteljes környezet-szennyezése révén a kondenzációs magvak száma rendkívül nagymértékben megnövekszik, s e területen gyakoribb a párásság.

Egerben a város fekvésének következ-

tében a csapadék tekintetében is jelentős különbségek jönnek létre. Az 1., 3., 10-es állomásokon felállított csapadékmérők révén megállapíthattuk, hogy 1983-ban a város déli területére 464 mm, az északi részén pedig csak 406 mm csapadék hullott. A Bükk-hegység közelsége az északi területekre erőteljesebb esőárnyékot jelent, ami 1983-ban 58 mm-rel kevesebb csapadékot eredményezett. Mindezek a megállapítások egyévi tapasztalatokat rögzítenek. Kutatásaink 3-5 évre tervezettek. Biztosabb, pontosabb részletesebb, sokrétű, széleskörű elemzések a mérések előrehaladásával további vizsgálatokkal érhetők el.

Kutatásunk nemcsak meteorológiai törvényszerűségek feltárására törekszik, hanem kapcsolódik más népgazdasági és vállalati szintű kutatási témákhoz, segítve azok megalapozottságát, eredményességét. Így például a csapadék rendszeres mérése a város és a Déli-Bükk egy meghatározott területén segíti a vízellátás, vízutánpótlás biztosítását szolgáló kutatásokat, melyek a Heves megyei Vízmű Vállalat koordinálásában folynak. A Heves megyei KÖJÁL-nak és a környezetvédelmi szervezeteknek kutatási eredményeink oly kérdésekben lehetnek segítségükre, mint pl. a város levegőtisztaságának alakulása változik-e az éghaj-

lati elemek módosulásával és milyen annak mértéke, milyen hatást gyakorol a városban található védett természeti és muzeális értékeinkre.

Az Egri Hőközponttal történt megállapodás alapján azt vizsgáljuk, hogy bizonyos éghajlati elemek „igénybevételével” (páratartalom, szélesebbesség, napfénytartam) csökkenthető-e a fűtőmű energiaszükséglete, vagyis mennyi energia takarítható meg egy fűtési időben.

Dr. Roncz Béla

Ho Si Minh Tanárképző Főiskola

ÚJ OBSZERVATÓRIUM BÉKÉSCSABÁN

1985. augusztus 29-én került sor az új békéscsabai meteorológiai főállomás és ionoszférakutató obszervatórium bemutatására és felavatására. A meghívásnak a megye és a város állami és társadalmi vezetői örömmel tettek eleget, s így az OMSZ és intézetei képviselőivel együtt mintegy 50 fő vett részt a rövid ünnepségen, majd a bemutatón. Bevezetésül *dr. Ambrózy Pál* ismertette a békéscsabai meteorológiai megfigyelések történetét. Ennek egy részét az alábbiakban közöljük.

„...Forgassuk vissza száz évvel a történelem naptárát. 1886. január 1-én, tehát néhány hónap híján 100 éve létesült az első műszeres megfigyelő állomás Békéscsabán. Sajnos, ez csak csapadékot mért, és csak egy évig működött. De 1890-től már megszakítás nélküli a csapadékmérés. Századunk elején három ponton is mérések: Jaminán, a Földműves Iskolában és az Öntözőterületen. Ez utóbbi állomás azóta is fennáll, és már 80 évet meghaladó megszakítás nélküli mérései sorral rendelkezik.

Ami az éghajlati megfigyeléseket illeti, azok 1930-ban kezdődtek a mai I. sz. Általános Iskola területén. Ez az objektum tekinthető az itteni főállomásunk jogelődjének. 55 év alatt volt ugyan néhány átköltözés, de a mérések — néhány hónapi háborús kimaradást leszámítva — folyamatosak. 1947 óta dolgoznak főhivatású észlelők az állomáson, akik 1951-től a rendszeres időjárási és éghajlati megfigyelések mellett a belföldi polgári repülés meteorológiai igényeit is kielégítették.

Ennyi múlttal a békéscsabai főállomás nem különbözne az ország többi — közel két tucatnyi — szinoptikus meg-

figyelő állomásától, ha nem települ ide Budapestről az ionoszféra vizsgáló berendezés 1964-ben. Megfigyelő hálózatunkban az egyetlen ilyen berendezés a légkör felső rétegeit szondázva a rádióhullámok terjedésére, illetve visszaverődésére vonatkozóan szolgáltat nagymennyiségű adatot. Az a készülék, amely kezdetben Budapesten, majd itt összesen 20 évig működött, — gyártója az Elektrotechnikai Vállalat volt — 1958-ban a brüsszeli világkiállítá-

son aranyérmét nyert. Ma itt már mint műszaki emléket őrizzük. Utódja Ausztráliából származik, most ezzel folynak a mérések.

Az állomás eddigi épülete — a repülőtér egykori leszállási irányadó háza — Békéscsabán egy mező közepén állt. Minthogy út nem vezetett hozzá, esős időben csak terepjáró kocsival, lovas szekérrel vagy gumicsizmában volt megközelíthető. Dícsértet illeti az állomás kollektíváját, hogy vállalta a munkabajlás eme gyötrelmeit, hűségesen kitarottak hivatásuk mellett. A régi épület kom-

fortosítása, az útépités valószínűleg többre került volna, mint egy új épület megépítése, jobban megközelíthető helyen. Így az OMSZ vezetése az új épület mellett döntött ...”

A bevezető után *dr. Antal Emánuel*, az OMSZ elnökhelyettese üdvözölte a meghívott vendégeket, majd átadta az épületet rendeltetésének.

Ezt követően *Kurucz Gyula* állomásvezető és munkatársai a főállomás munkáját és az ionoszféra méréseket mutatták be.



Dr. Kozma Ferenc felvétele

Weingartner Ferenc

Rajnoha János

1910 - 1985

Életének 76. évében, 1985. április 16-án váratlanul elhunyt *Rajnoha János*, volt hálózati ellenőr. Februárban köszöntöttük Öt 75. születésnapja alkalmából, kívánva neki jó egészséget és hosszú életet. Azt terveztük, hogy a LÉGKÖR hasábjain indított „Megkérdeztük...” rovat részére készítsünk vele riportot. Sajnos, már nem lehet.

A meteorológiával még egészen fiatalon, mint sorkatona ismerkedett meg; 1934-ben észlelő volt Székesfehérvár- Mátyásföld- és Budaörs repülőtereken, majd 1941-től időjelző a Repülő Időjelző Központban. Mátyásföldön magassági repülésekben is részt vett, meteorográfokat kezelte. A felszállásokat C5-ös nyitott géppel végezték, s egy alkalommal minden segédeszköz nélkül 5600 m-es csúcsmagasságot ért el. Feladata volt a meteorográfok előkészítése, az órahengerek kormozása a felszállások előtt, valamint a visszaérkezés utáni fixálás és kiértékelés. Leszerelése után átmenetileg a VERTESZ-nél dolgozott mintegy négy évet, majd 1956 decemberében áthelyezéssel került az Országos Meteorológiai Intézetbe. Első munkahelye a feri-



Barát József az OMSZ elnöke köszönti Rajnoha Jánost 75. születésnapján

hegyi időjelző szolgálat volt. Az éppen megalakult Hálózati Osztályra 1957. március 1-től került, ahol nyugalomba vonulásáig — 1971-ig — dolgozott mint hálózati ellenőr. Nagyon szerette munkáját, ezért nagy odaadással végezte. A kezdeti szűkös világban motorkerékpárral járta a körzetét, mert gépkocsi kevés volt, vonattal vagy busszal pedig csak kevés állomást lehetett volna elérni. Márpedig ebben az időben igen fontos feladat volt, hogy az összes (mintegy 1000) állomás pontos helyét megállapítsák. Ellenőrzési körzete a Dunántúl volt, ahová az állomásoknak csaknem a fele tartozott. Egy-egy útvjáról sok élménnyel tért vissza, és lelkesen újságolta, hogy kikkel találkozott és mit intézett. A Hálózati Osztályon ebben az időben az alábbi sürgős és fontos feladatok vártak megoldásra: az állomások helyének felmérése, az egységes nyomtatvány-ellátás megszervezése, az állomások fényképezése, a szélzászlók oszlopainak egységesítése, a barométerek szintezése, valamint a szívófonat helyett szívózsák rendszeresítése. *Rajnoha János* mindezekből derekasan kivette a részét.

Eleven észjárása és jó humorérzéke volt János bátyánknak, aki soha nem sértődött meg, ha netán ugratásnál Ő volt a célpont. Sok „kiszólása” azóta is szállóige köreinkben. Igazi jó barát volt, mindig lehetett rá számítani.

Emlékét kegyelettel megőrizzük!

Dr. Csomor Mihály

Völgyesi Sándor

1921 - 1985



Életének 64. esztendejében, hosszabb-rövidebb ideig tartó betegeskedés után 1985. április 29-én elhunyt *Völgyesi Sándor*, a miskolci főállomás nyugalmazott vezetője.

Halálhíre váratlanul ért és lesújtott mindenkit, aki ismerte és becsülte Öt a szolgálatnál töltött hosszú időszak alatt. *Völgyesi Sándor* 1921-ben született az akkor Zemplén megyei Tállyán, ötgyermekes kisiparos családból. Nyíregyházán járt középiskolába, majd Szegeden szerzett tanári képesítést. 1944-ben katonai behívót kapott. Az osztrák határszélre kerülve alakulata megtagadta a nyugatra vonulást. Hadifogságból 1949-ben tért haza, 1951-ig tanári pályán működött Bódsziláson, ill. Szikszón.

Természettudományos érdeklődése irányította figyelmét a meteorológiára. Tanári pályáját felcserélve kötelezte el magát ennek a hivatásnak, amikor az 1951-ben induló szinoptikus tanfolyamra jelentkezett. Jeles eredménnyel, jutalommal végzett: előbb Nyíregyházán észlelő, majd 1953-ban Miskolcon állomásvezetői kinevezést kapott. E munkakörből vonult nyugdíjba 1981-ben.

Kapcsolata továbbra sem szakadt meg intézetünkkel és a munkatársakkal, akikkel az évek során baráti kötelék is összefűzte. Meg kell emlékeznünk arról, hogy a kezdetben sok személyi problémával küzdő miskolci állomás az ő türelmes nevelőmunkája nyomán kitűnő közösséggé kovácsolódott, s napjainkban ez az együttes folytatja a szakmai munkát kifogástalanul.

*Völgyesi Sándor*t már aktív korában is foglalkoztatta a miskolci meteorológiai megfigyelések történetének feldolgozása. Ez a gondos, körütekintő dolgozat — amely a Léggör hasábjain is megjelent — nyugdíjas korában készült el, sok bűvárkodással járt a különböző könyvtárakban, s példázza szerzőjének precíz, mindenre kiterjedő alaposságát. *Völgyesi Sándor* természetkedvelő ember volt, értett a kert- és szőlőműveléshez. Nagy gonddal, szeretettel ápolta a szülői ház környékén lévő szőlőjét. A szorgalmas ösöktől örökölt készség, a szakadatlan tevékenység jellemezte egész életében. Ragaszkodott a helyhez, a tájhoz, ahol született, — az apai ház Miskolcra Tállyára szólította mindig, amikor tavasszal megébredt a határ. Ezen az utolsó tavaszon, amikor utolsó útjára kísértük őt a Zempléni-hegység koszorúzza tájban, az áprilisi égbolt alatt felvonuló felhőzet mintha búcsúzott volna tőle százféle alakzatával, fel-felillantva esőfüggönye mögül a lemenő Napot, — mi is lehajtott fővel álltunk munkatársunk és barátunk sírjánál. Megtért az ősei közé, abba a temetőbe, ahová megpiheni vágyott. Nyugodjék békében, mi pedig emlékezzünk rá megbecsüléssel.

Mezősi Miklósné

AZ IDŐJÁRÁS PÉNZ

Amikor a krími háborúban egy erős vihar szétzilálta a francia–angol–török flottát, III. Napoleon „viharelőrejelző szolgálat” felállítását rendelte el. A francia állami meteorológiai szolgálat ma körülbelül 200 szakképzett meteorológust foglalkoztat — 60 százalékuk a műszaki egyetemről kerül ki — s további 750 mérnököt, akik hajók, sárkányok, ballonok, léggömbök, szatellitok garmadájának segítségével veszik fel a harcot az atmoszférikus ellenséggel szemben.

A szolgálat rendelkezik olyan eszközökkel is, amelyekkel megkísérrelheti középtávú — tíz napra szóló — előrejelzések készítését. Tizenhét európai ország fogott össze 1978-ban a világ legnagyobb teljesítményű időjárás-előrejelző gépének, a Cray-1-nek beszerzésére, s hasznosítására. A London mellett, Readingben felállított számítógép másodpercenként 50 millió művelet elvégzésére képes.

Minden légiúthoz külön meteorológiai elemzés készül. A szolgálat légi közlekedési kérdés-felelet rendszert dolgozott ki, ezzel közvetlenül adja meg a repülőtereknek legfrissebb megfigyeléseit és a leszállási viszonyok előrejelzését. Mindez egyfajta „mérték utáni” szolgáltatás, ami végül is jelentős megtakarításokat eredményez. Az Atlanti-óceán fölött közlekedő Boeing 747-esek a meteorológia segítségével 15–20 percet „nyernek” utanként. Évi 1100 repülést számítva 3300 tonna üzemanyagot takarítanak így meg, ami nem kevesebb, mint 9 millió frank.

A szárazföldön az előrejelzések az autótutak sózásának 40 százalékát segítenek megtakarítani. Márpedig egy preventív sózás az északi autópályán 25 tonna sót fogyaszt, és körülbelül 25 ezer frankba kerül.

Ami a tengert illeti, a nagy olajtársaságok saját meteorológiai szolgálatokat hoztak létre. „Sose kívánunk a hivatalos szolgálatok helyébe lépni — mondja a CPF francia olajvállalat meteorológiai felelőse —, csak a mi szempontunkból elemezzük az előrejelzéseiket”. Néha nagyratörők: a Szeu-i öbölre vonatkozó egyéves kutatásuk 2,5 millió frankba került. Egy másik, Argentína egyik viharzónájában, éppen a duplájába! De megéri: „Átlagosan az szükséges, hogy egy előrejelző öt nap fúrási időt takarítson meg évente, ezzel máris rentábilis” — magyarázza Bertail úr. — Valójában 10–15 napot is megspóroltunk vele, s akkor még nem beszéltem a dolgozók biztonságáról.”

Egy másik megtakarítási lehetőség az energia, az erőművek és vízerőművek telepítésénél, de főként a termelésben van. A francia energiahivatal egyik vezetője naponta először a másnapi időjárás-előrejelzést nézi meg, hogy programozhassa a bevetendő erőket, s szembe tudjon nézni a nap 24 órájában a fogyasztás ingadozásaival. Decemberben egyfokos hőmérsékletcsökkenés országosan 750 megawatt többletfogyasztást okoz!

A meteorológia ügyfelei között mégis talán a mezőgazdaság a legérdekeltőbb. Külön agrometeorológiai osztály foglalkozik velük. A gazdasági és mezőgazdasági tevékenységet érintő információk alkalmazásával foglalkozó iroda — az országos meteorológiai szolgálat részlege — 350 frank előfizetési díj ellenében tájékoztat a téli hónapokban előforduló fagyveszélyekről. Minden többletinformációt „önköltségi áron” szállítanak. A szolgálat becslése szerint a potenciális nyereség az előrejelzések alapján évente 11–12 milliárd frank, szemben a 850 milliós ráfordítással.

A hosszútávú előrejelzések piaca még nagyobb nyereséget hoz. Néhány magánvállalat meg is látta ebben a fantáziát. Nem arra törekednek, hogy például az 1985. szeptember 5-i időjárást jelezzék előre, hanem, hogy a „szezonális irányzatot” lássák előre. A legrégibb és legismertebb meteorológiai magánvállalat, a SEPCS előre tudta jelezni az 1976. évi szárazságot. Módszerük? „A Föld, a Hold és a Nap asztrofizikai és asztronómiai viszonyait kell meghatározni. Korrelációs kapcsolat áll fenn a csillagok állása és az időjárás általános irányzata között” — magyarázza Pacome úr, a társaság vezetője.

A SEPCS szezonális éghajlati viszonyokat kutató társaságának 40–80 ezer frankos tarifákkal 17 mezőgazdasági társulás s 15 iparvállalat az előfizetője, akik egy évre előre szeretnék megismerni az időjárást. Jean-Louis Peyraud, a „Szarvasmarha-tenyésztés” 30 ezer példányban megjelenő mezőgazdasági szakfolyóirat főszerkesztője elégedett: „Több mint tíz éve fizetünk elő a szolgáltatásaikra”.

Van, aki szkeptikusabb. „1978-ban két kedvező szepidő-periódust ígértek — mondják a Cacharel konfekcióipari cégnél. — Valójában szüntelenül esett, így a nyakunkon maradt majdnem az egész strandruha-készlet.”

Az országos meteorológia az előrejelzéseken túl bizonyítványokat is kiad például a szélesebségről, hogy a biztosítottak megtéríthetessék a tévéantennájukat vagy éppen levert szemüvegüket.

Világszerte körülbelül 200 ezer meteorológus dolgozik. Franciaországban 3500, de ez csupán az országos intézet dolgozóinak a száma. A hadsereg is foglalkoztat több száz meteorológust. Ezenkívül 3000 önkéntes megfigyelő — tanító, pap és mások — erősíti soraikat. Párizsban az Eiffel torony melletti SMM (Szárazföldi Meteorológiai Szolgálat), Franciaország egyik legnagyobb információs központja játssza a karmester szerepét: 130 meteorológiai állomást irányít.

LE NOUVEL
ECONOMISTE

francia gazdasági hetilap
cikke nyomán közölte

a
HETI VILÁGGAZDASÁG
1984. március 17.



100 ÉVE TÖRTÉNT

SZEMELVÉNYEK A TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY 1885. ÉVI SZÁMAIBÓL

A Levélszekrény-ben, a kérdések c. állandó rovatban kérdés hangzik el, hogy „Nemcsak hazánkban, de más országokban is divatozik a felhők elé való harangozás. Ezt azon jóhiszeműségben teszik, hogy a vészterhes felhőket eloszlatják vagy eltávolíthatják. Vajon van-e hatása a harangozásnak a felhők eltávolítására avagy szétesztetésére vagy nincs? Ha nincs, miért nincs? S mégis mi oka annak, hogy évszázadok óta ezzel akarják a vészterhes felhőket eltávolítani?” B.M. A kérdésre P.J. adta meg a választ. A zivatar alkalmával való harangozásnak az az értelme, hogy a híveket imádságra szólítsa, hogy kérjék az Ég Urát, távoztassa el tőlük a zivatart. És ez a vallásos érzület szempontjából nem is eshet vád alá. Mindenesetre a vallásosság és a mindenható Istenben való évezredes hit az oka, hogy e szokást gyakorolják. Ha a nép magától a harangozástól várja a felhők szétesztetését, s a zivatarnak vész nélkül való elvonulását, az annak a jele, hogy nincs okos lelkipásztora, aki őket felvilágosítja.

*

Pivány Ignác: S még egy kérdés a „Levelesládából”. Az 1848-i hadjárat alkalmával egy csodaszzerű elektromos fénytűneményt volt alkalmam megfigyelni, mely dacára az eltelt 37 esztendőnek, kitörölhetetlenül megmaradt emlékezetemben. Október második felének elején történt (a napot már nem tudom); ekkor erőszakoltuk *Perczel* hadcsapatával Letenye és Kottori mellett a Murán való átkelést. Miután Hodossán mellett egy horvát nemzetőri zászlóaljat foglyul ejtettünk, egy kissé megkésve, délután 3 óra tájban Csáktornyára értünk, ahol a város melletti legelőn táborba szállottunk. ... Legjavában el voltunk foglalva az ebédfőzéssel, amidőn „jön az illir, jön az illir” kiáltásokkal zavartak fel bennünket. A Nap tikkasztó melegen sütött, s a látkörön a közelgő zivatar előjelei felhőgomolyok alakjában mutatkoztak. Nem telt bele félóra, midőn az egész égbolt fekete felhőlepelrel volt borítva. ... Elővédünk a nedicicai országúttól jobbra-balra, csatárlánczait előrebecsajítva, csatarendben marsolt, míg a csapat zöme az országúton szakaszokban haladt. A szuronyok mind feltűzve. A beállt rendkívüli sötétség miatt sorrendünk bomladozott és megnyúlt. Még egyetlen csepp sem esett, a zivatar sem tört ki, villám még sehol sem mutatkozott. Egyszerre mintegy varázsütésre a hatodfélt ezer szurony hegyén, egy körülbelül 10 centiméter hosszú, egy centiméter vastag kékes fénynyaláb jelenik meg. Mintha mindenki ugyanegy pillanatban egy gyertyalángot tűzött volna fel szuronya hegyére ... fantasztiku-

san szép látványt nyújtott. Különösen nekem, ki a hátvédben lépdeltem, e tűnemény egész pompájában mutatkozott. Előli egy keresztben fekvő fényvonal, mely a meszebb lévő elővéd 2000 fénynyalábjának összefolyásából keletkezett; s erre merőlegesen a menet hullámzó mozgását híven tükröző fénykígyó, melynek a szemléltetőhöz közeledő részei mind élesebben egyes kis fénykévékre oszlottak. És most ehhez háttérül hozzáképzelné a koromsötét éjt, a fekete tengert, melyben a fénytűnemény $2\frac{1}{2}$ méter magasságban a föld fölött úszott! S nem is pillanatig tartott a káprázat, hanem változatlan erővel vagy 20 percen keresztül kísérté utunkat. Ekkor megnyíltak az ég csatornái; s mint pillanat alatt jött, úgy egy varázsütésre el is tűnt a jelenség. ... Mi lehet ezen ritka előfordulásnak oka? A kérdésre *dr. Lakits Ferenc* adja meg a szakszerű választ.

*

Hegyfokó Kabos „A légáramlatok és a csapadék” címmel közölt tanulmányt. Bevezetőül üdvözlé az utóbbi öt év (1857-1861) nagy eredményeit, a *Buys-Ballott* törvényt, amelyet az elején kritikusan fogadtak. Korábban ugyanis *Dove* elmélete volt az uralkodó, mely szerint a trópusi körzetekben felszálló meleg levegő fent mint délnyugati áramlat a sarkokig tart, s ott lehülve, mint északkeleti, úgynevezett passzát szél tér vissza az Egyenlítőhöz. E két fő áramlatról azt tartották, hogy a mi vidékünkön gyakorta nem egymás fölött, hanem egymás mellett haladnak, s egymással küzdve s egymást legyőzve eredményezik a különféle szeleket, melyek rendszerint akképp változnak, hogy pl. az északi féltekén a szélzászló délkeletről délen és délnyugaton át nyugatra és északnyugatra, azaz a Nappal fordul. *Wojejkov* és *Hann* voltak az elsők, akik *Dove* ezen szélelméletét megintgatták. *Hegyfokó* már jól definiálja a ciklonok- és anticiklonok áramlási rendszerét, légnyom- és hőmérsékleti viszonyait is. Konkrét esetet mutat be a főhn jelenség mibenlétére vonatkozóan.

Népszerű előadás hangzik el „Mikor lesz eső?” címmel, előadja *Hoitsy Pál*. *Váradi Antal* tanító „Adalék a zivatark statisztikájához” címmel Kaba mezővárosban folytatott zivatar megfigyelési eredményeit közli. Leírja, hogy 1884-ben 33 zivatart figyelt meg, amelyből 5 alkalommal volt nagy záporos eső is, máskor meg az utcák porát sem verte el. 21 esetben nagy széllel és porviharral járt a zivatar. Panaszkolja, hogy az utóbbi 10 évből legalább 7 évben rossz nyár volt,

mert a tavasz- és a nyár eleje száraz volt, de az aratás-cséplés idején folytonos esőzés volt, ami zavarta a munkát. Ennek okát az erdők hiányának tudja be.

*

Konkoly Thege Miklós tiszteletbeli akadémiai tag két csillagászati tárgyú előadást tartott; „Asztrofizikai megfigyelések az Ógyallai csillagvizsgálón 1884-ben” és „A napfoltoknak és a Nap felületének megfigyelése az Ógyallai csillagvizsgálón 1884-ben.”

*

Egy kérdezőnek (H.G.) felsorolja a szegényes, magyar nyelvű meteorológiai munkákat, amelyek az alábbiak voltak:

- *Berde Áron:* Légtűneménytan. Kolozsvár, 1847.
- *Puky Simon:* Időjárás jövőndőlés. Buda. 1846.
- *Soós Mihály:* Éghajlatlan. Pest. 1870.
- *Sztoczek József:* Utasítás Meteorológiai észleletekre. Pest, 1861.
- *Spiesz J.M.:* Biztos időprófeta, ford. *Lencsés I.A.* Pest. 1831.
- *Szabó Ignác:* A lég. Népszerű légtűneménytan. Budapest. 1874.
- *Masch:* Az időjárás alapvonalai, gyakorlati mezőgazdák és gazdasági tanintézetek számára, ford. *Székelly M. Bp.*, 1877.

*

Hegyfokó Kabos „A zivatarkról” címmel tanulmányt közöl az áprilisi számban. Amint írja, kétféle zivatart szokás megkülönböztetni: hőség- és depresszió okozta zivatart. Amint megállapítja, az újabb kutatások kiderítették, hogy erre a felosztásra nincs is szükség, mert a hőmérséklet fokozódása ugyanis együttjár légnyomási depresszióval. Megállapítja, hogy a zivatark keletkezésében a hőmérséklet játssza a fő szerepet. Kimutatja, hogy a zivatark 15-16 óra körül a leggyakoribbak, amikor hőmérsékleti maximum van. Megfigyeli a zivatark vonulását is; a leggyakoribb vonulási irány SW-ről NE felé. Megfigyelte továbbá zivatarkban az első dörgéstől kezdve a csapadék kezdetét is, s megállapítja, hogy a leggyakrabban egyszerre megy végbe, illetve a kitöréstől számított 0-15 percen belül a leggyakoribb. Megfigyelte ezeken kívül a zivatark alatt a jég keletkezésének gyakoriságát, a légnyomás alakulását, de még a szél irányát és a felhők vonulását sem hagyta figyelmen kívül.

Dr. Csomor Mihály

MAGYARORSZÁG

IDŐJÁRÁSA

1985

tavaszán

Csapadékos, napfényszegény tavasz

Az idei tavasz hideg időjárással köszöntött be. Március első napjai hidegek voltak, az első napok -4, +2 fokos átlaghőmérsékletei 4-6 fokos negatív anomáliát jelentettek. Március hónapot a több hullámban egymást követő hidegebb és enyhébb periódusok jellemezték, azonban a hónap egészét tekintve 0,5-2,0 fokkal hidegebb volt az átlagosnál, ugyanis területtől függően a síkvidéki állomásokon 3,0-6,0 fok között változott a havi átlag.

A napi átlaghőmérséklet tartósan fagy-pont fölé csak március 2. után emelkedett, 10-15 nappal később, mint a sokévi átlag. A +5 fokot meghaladó napi középhőmérséklet tartós átlépése március 17-21. között volt, 5-7 nappal későbbi időpontban, mint általában. Ez egyben azt is jelentette, hogy a két fontos küszöbnap közötti időtartam kb. két héttel lerövidült.

A hideg időjárás következményeként a talajfagy is későn szűnt meg, a Dunántúlon március 5-én, a keleti ország-részben pedig március 10-15. között. A talajfagy idén tartós volt, mert a Dunántúlon 1984. december 26-tól 1985. március 5-ig, az Alföld nagy részén december 26-tól március 10-ig, az északkeleti területeken december 13-tól március 15-ig volt fagyott a talaj. A szokásosnál hűvösebb időjárás a talaj felmelegedését is késleltette.

A hónap borult volt, a napfényes órák száma a nyugati országrészben 70-90, a keleti területeken 100-130 között volt. Az előbbi területen 50-70 óra, az utóbbin 30-50 óra napfényhiány ke-

letkezett. A borultság bőséges csapadékhullással párosult. A Dunántúlon – a Kisalföld és Fejér megye kivételével, ahol 30-50 mm – 60-90 mm csapadék hullott, ez utóbbi másfél-kétszerese volt a sokévi átlagnak. A keleti országrészben általában 40-60 mm hullott, kisebb központi területeket leszámítva a megfigyelőhelyeken a szokásos mennyiségnél több csapadékot mértek, a Salgótarján – Gödöllő – Túrkeve – Sárospatak által határolt területeken az átlag másfélszeresét is.

A hónap elején még havazott, és hó borította az ország egész területét, a hótakaró vastagsága 5-20 cm volt. A kisebb-nagyobb hóval borított területek a hónap közepéig előfordultak. Április elején úgy tűnt, beköszöntött a tavasz. A hónap első fele lényegesen melegebb volt a szokásosnál. A 10-16 fok közötti napi átlaghőmérséklet 3-6 fokos pozitív anomáliát jelentett a sokévi középhez képest. A hónap második fele ugyanakkor a szokásosnál hidegebb volt, olyannyira, hogy a hónap végén a 4-6 fokos napi középhőmérséklet 6-8 fokkal volt alacsonyabb, mint az átlag. Mindennek ellenére április hónap átlaghőmérséklete pár tized fokkal magasabb volt az átlagosnál.

A napsütéses órák száma a Dunántúlon 180-200, a keleti és északi területeken 160-190 között alakult, ez az óraszám a Dunántúlon átlag körüli érték, a keleti területeken ugyanakkor 20-30 óra napfényhiányt jelentett.

A csapadék mennyisége az ország egész területét tekintve kevesebb volt az átlagosnál, területi eloszlását nézve pe-

dig a Dunántúl északi és északkeleti területén, valamint Pest, Nógrád és Bács-Kiskun megyék jelentős részén 20 mm alatti eső esett. A legtöbb csapadékot, 50-70 mm közötti hozamokat az ország délnyugati területein mérték. Máshol 25-40 mm közötti mennyiségeket észleltek.

Április második felére jellemző hűvös időjárás május első dekádjában folytatódott, az első napok átlaghőmérséklete 5-8 fok között volt, ez 5-7 fokos negatív anomáliát jelentett. A hónap második dekádjától már egy meleg szakasz kezdődött, úgy hogy ez a periódus az átlagosnál lényegesen melegebb volt. Így végül is a hónap hőmérsékleti mérlege pozitív lett.

A 10 fokot meghaladó napi középhőmérséklet tartós átlépésének időpontja ebben az évben május 6. után következett be, jó két héttel később, mint általában (április második dekádja).

A napfénytartam a Dunántúlon és az Alföld legnagyobb részén 220-250 óra között, az Északi Hegyvidéken és az Alföld északkeleti részén ugyanakkor csak 190-210 óra között volt. Ez utóbbi két területen 40-60 óra napfényhiány adódott, máshol kevesebb, általában 20 óra alatti volt. A Dunántúl körzetében pár óra pozitív eltérés is előfordult (pl. Keszthely, Pécs körzete).

Májusban bőséges csapadék hullott, 70-180 mm közötti mennyiségeket mértek. Az ország területének 90 %-án a sokévi átlagot meghaladó csapadék esett. A Vámosmikola – Békéscsaba vonalától keletre eső területen – kisebb körzeteket leszámítva – 100 mm feletti csapadékhozamokat mértek; a

Állomások	HŐMÉRSÉKLET										
	Havi középérték	Sokévi átlag	Eltérés az átlagtól	Abszolút maximum	Nap	Abszolút minimum	Nap	Absz. min. a talaj mentén	Nap	Napok száma *	
										1	2

1985. MÁRCIUS

Szombathely	3,4	4,0	-0,6	17,9	31	-2,5	1	-4,0	29	21	13
Győr	4,4	4,8	-0,4	17,6	31	-3,9	1	-4,4	16	15	11
Keszthely	3,8	5,0	-1,2	18,0	27	-3,1	1	-3,2	1	16	6
Siófok	3,4	4,5	-1,1	17,5	31	-3,6	1	-4,5	1	15	7
Pécs	3,8	5,0	-1,2	18,6	31	-2,4	1	-2,7	1	17	9
Budapest	4,4	5,0	-0,6	17,6	31	-5,1	1	-6,0	1	16	8
Szolnok	4,2	4,8	-0,6	19,5	31	-7,7	1	-8,4	1	17	12
Szeged	4,4	5,2	-0,8	20,4	31	-5,0	1	-6,0	1	17	12
Békéscsaba	4,7	4,9	-0,2	20,9	31	-7,1	1	-9,0	1	17	13
Debrecen	4,4	4,9	-0,5	19,3	31	-5,1	1	-8,7	1	17	14
Nyíregyháza	4,1	4,0	+0,1	19,0	31	-8,0	1	-10,7	1	18	13
Miskolc	3,9	4,0	-0,1	17,9	31	-6,8	1	-7,3	1	17	13

ÁPRILIS

Szombathely	10,0	9,4	+0,6	24,0	5	0,0	30	-1,5	30	4	1
Győr	10,9	10,4	+0,5	23,1	5	-0,4	27	-3,0	27	4	2
Keszthely	11,0	10,4	+0,6	23,7	5	-0,8	25	-3,0	25	2	1
Siófok	11,1	10,7	+0,4	22,5	5	3,1	20	1,8	20	0	0
Pécs	10,9	10,6	+0,3	23,6	5	0,4	25	-0,6	25	2	0
Budapest	11,3	10,8	+0,5	22,3	5	1,0	30	-2,9	30	4	0
Szolnok	11,4	10,6	+0,8	23,0	5	1,0	20	-0,4	25	1	0
Szeged	11,5	11,2	+0,3	24,7	5	0,3	25	-2,4	26	3	0
Békéscsaba	10,7	10,8	-0,1	24,1	5	-0,3	26	-2,1	26	4	1
Debrecen	10,5	10,8	-0,3	22,4	5	0,3	26	-1,0	26	2	0
Nyíregyháza	10,6	10,4	+0,2	22,3	23	0,2	30	-2,7	20	10	0
Miskolc	10,5	10,0	+0,5	22,5	22	-0,5	27	-0,7	27	2	1

MÁJUS

Szombathely	15,2	14,2	+1,0	27,2	14	-1,0	4	-2,9	4	2	6
Győr	16,3	15,4	+0,9	28,4	14	0,6	4	-2,0	4	1	9
Keszthely	16,6	15,3	+1,3	28,5	14	0,8	4	-0,5	4	1	10
Siófok	16,7	15,7	+1,0	29,0	14	3,5	4	1,9	1	0	9
Pécs	16,6	15,6	+1,0	28,1	14	1,5	4	-0,2	4	1	9
Budapest	16,6	15,9	+0,7	28,7	13	2,3	4	-1,0	4	1	10
Szolnok	16,9	16,1	+0,8	28,3	13	2,4	4	-0,1	4	1	9
Szeged	17,7	16,4	+1,3	29,6	14	1,6	1	-0,5	4	1	11
Békéscsaba	16,8	16,2	+0,6	28,8	14	1,7	4	0,2	4	0	8
Debrecen	16,6	16,3	+0,3	28,7	13	0,9	4	-0,7	4	1	10
Nyíregyháza	16,3	15,9	+0,4	28,6	13	2,0	4	-0,6	4	1	10
Miskolc	15,9	15,6	+0,3	29,4	13	0,9	5	0,3	5	0	10

* Napok száma: 1 talajmenti fagyos napok száma,

2 március, április: fagyos napok (min. $\leq 0^{\circ}\text{C}$) száma, május: nyári napok (max. $\geq 25^{\circ}\text{C}$) száma

Állomások	NAPSÜTÉS		CSAPADÉK					TALAJNEDVESSÉG				SZÉL
	Havi összeg (óra)	Eltérés az átlagtól	Havi összeg (mm)	Eltérés az átlagtól	Eltérés az átlag %-ában	Csapadék > 1 mm	Csapadék > 5 mm	Telfeltetés a szántóföldi hasznos vízkapacitás %-ában (0-50 cm-es réteg)				Viharos na- pok száma
								1-én	11-én	21-én	Utolsó napon	
Szombathely	78	-67	71	+33	187	11	5	78	80	97	91	5
Győr	83	-60	36	-2	95	10	2	87	88	89	79	4
Keszthely	81	-67	83	+47	231	12	4	92	93	98	95	1
Siófok	80	-67	47	+12	134	11	2	93	96	98	86	2
Pécs	92	-49	59	+18	144	14	3	97	98	98	86	2
Budapest	91	-53	40	+2	105	10	2	90	98	96	81	7
Szolnok	117	-33	46	+15	148	9	2	86	93	97	85	0
Szeged	114	-33	31	-4	89	7	2	87	93	95	79	6
Békéscsaba	134	-5	34	-1	103	7	3	97	98	93	78	1
Debrecen	108	-43	38	+10	136	7	3	98	97	72	83	4
Nyíregyháza	113	-48	31	+3	111	8	3	96	97	80	81	2
Miskolc	87	-52	43	+15	154	10	2	82	90	97	84	0
Szombathely	189	-5	30	-14	68	7	2	91	72	59	61	10
Győr	205	+11	17	-24	41	5	1	79	58	48	51	10
Keszthely	188	-7	57	+14	133	12	6	95	78	76	71	10
Siófok	199	+3	36	-5	88	6	2	86	72	64	56	16
Pécs	181	-8	38	-19	67	7	4	86	70	62	58	13
Budapest	208	+11	12	-32	27	4	0	81	55	45	40	13
Szolnok	196	0	26	-11	70	5	1	85	60	52	53	2
Szeged	174	-25	42	+1	102	5	3	79	54	53	60	12
Békéscsaba	167	-19	41	-1	98	9	1	78	58	54	67	2
Debrecen	168	-30	44	+9	126	7	2	83	64	53	74	5
Nyíregyháza	179	-19	40	0	100	7	3	81	64	52	67	6
Miskolc	182	-2	50	+11	128	9	3	84	68	61	75	0
Szombathely	228	-3	123	+50	168	12	8	61	90	83	81	1
Győr	240	-6	102	+36	155	12	6	51	70	70	75	7
Keszthely	256	+10	78	+4	105	10	6	71	83	77	78	2
Siófok	253	-1	55	-16	77	10	5	56	64	48	54	9
Pécs	262	+16	70	+4	106	12	6	58	70	47	65	1
Budapest	228	-14	99	+29	141	15	8	40	65	64	82	5
Szolnok	252	-4	132	+73	224	12	9	53	90	100	83	3
Szeged	237	-22	46	-18	72	12	3	60	57	43	49	6
Békéscsaba	231	-15	112	+45	167	10	8	67	86	79	89	0
Debrecen	217	-39	161	+103	278	14	9	74	100	100	83	2
Nyíregyháza	220	-43	94	+32	152	9	7	67	86	78	89	3
Miskolc	190	-60	75	+5	107	13	6	75	87	68	78	0

nyugatra eső területen általában 70-90 mm közötti csapadékot észleltek, de kisebb-nagyobb területen itt is előfordult 100 mm feletti csapadék. Az ország jelentős részén a szokásos mennyiség másfél-kétszerese is lehullott.

A márciusi, de különösen a májusi esőzés kedvezően alakította a felső 1 m-es talajréteg nedvességtartalmát, május végére a talaj 70-90 %-ig telített volt.

Május első napjaiban az Északi-Középhegység területén, az Alföld északkeleti részén hó esett, néhány helyen zápor, zivatar kíséretében.

A zivataros napok száma egyes körzetekben, mint pl. Baja, Szeged, Szolnok, Debrecen, Békéscsaba körzetében, de máshol is a nyári félévi lehetséges előfordulások számának (30-40) már harmadát, sőt felét (Békéscsabán 18 eset) elérte. A zivatartevékenységet több helyen jégverés kísérte.

Az idei tavasz időjárási mérlegét megvonva elmondhatjuk, hogy a március 1.

és május 31. közötti időszak közép-hőmérséklete (10-11 fok) az átlaggal volt egyenlő. A tavasz végére területtől függően 40-115 óra napfényhiány keletkezett, a legborultabb terület az északkeleti országrész volt. A csapadék összmenyisége a tavaszi hónapokban 150-300 mm között alakult, a legtöbb helyen a sokévi átlag másfél-kétszerese hullott.

Az idei tavasz időjárásának számos olyan momentumuma volt, amelyik az időjárás hatásának legjobban kitett termelési terület, a mezőgazdaság számára kedvezőtlen volt.

A március hűvössége, az elhúzódó kistavaszkodás a mezőgazdasági munkák torlódását okozta. A talajhőmérséklet lassú emelkedése egyes tavaszi vetésű növények földbe kerülését, illetve kelését hátráltatta.

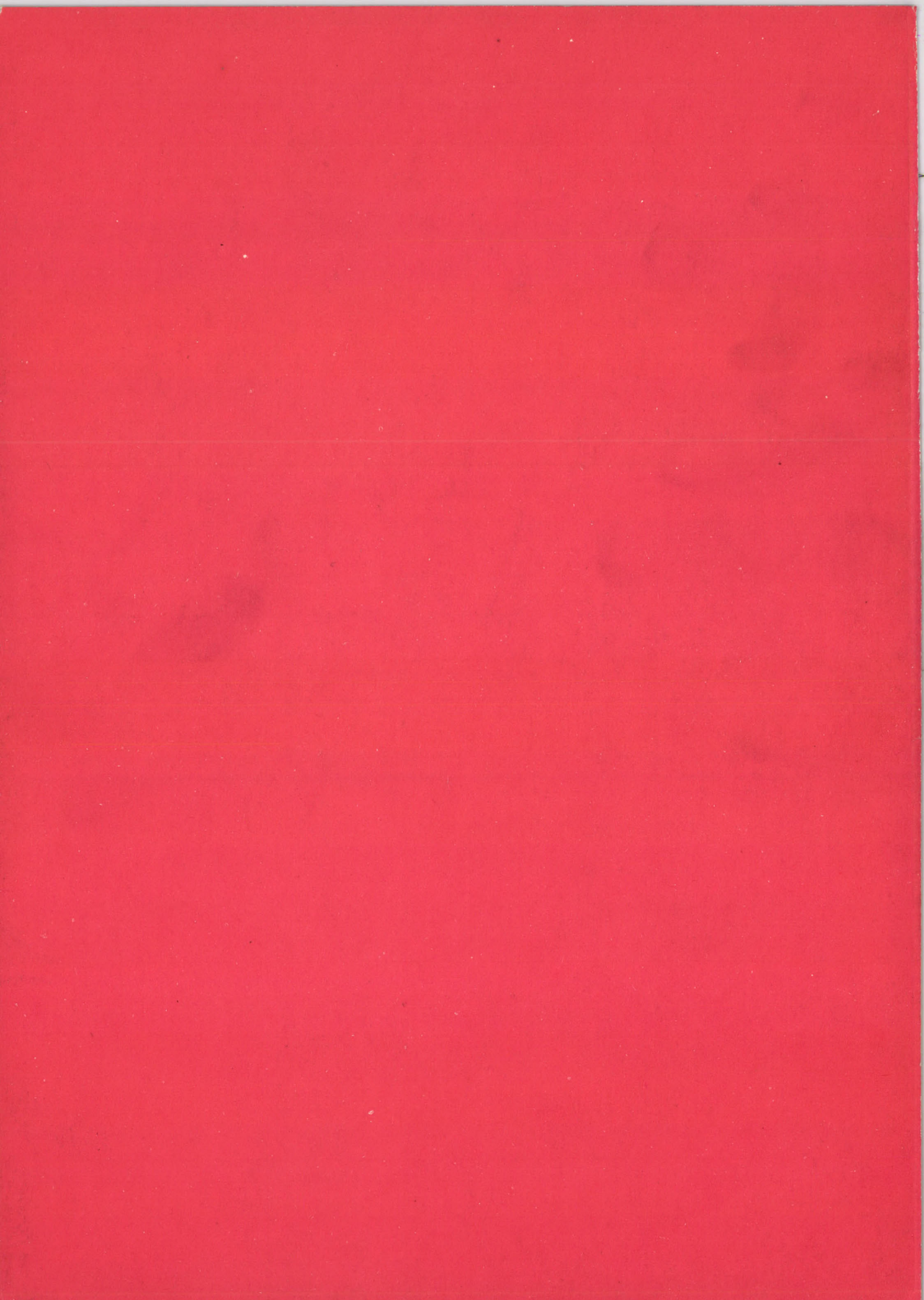
Ebben az évben több tízezer hektár termőterület került belvíz alá, nagy részben Szabolcs-Szatmár és Borsod-Abaúj-Zemplén megyékben. E területen a belvíz az alábbi okok miatt keletkezett:

- 1./ ez a terület ősszel és télen több csapadékot kapott, mint az ország többi része, a talaj telített volt;
- 2./ a hosszantartó hideg időjárás és a talajfagy miatt a tavasz kezdetére a víz nem tudott lefolyni;
- 3./ a koratavaszi hideg időjárás miatt a párolgás kicsi volt;
- 4./ a márciusi és a májusi esőzések meghosszabbították a belvíz fennmaradását.

Az idei tavasz hőmérsékletének időbeli alakulása nem volt kedvező. Április első fele és május második fele meleg volt, és e két meleg periódus majdnem egy hónapig tartó hűvös, csapékos és napfényszegény szakaszt fogott közre. A tavasszal vetett melegigényes kultúrák fejlődésbeli lemaradásának fő oka ez volt.

Ugyanakkor a tavaszi időjárás a kevésbé melegigényes növények fejlődésének és a kalászos gabonának kifejezetten kedvezett.

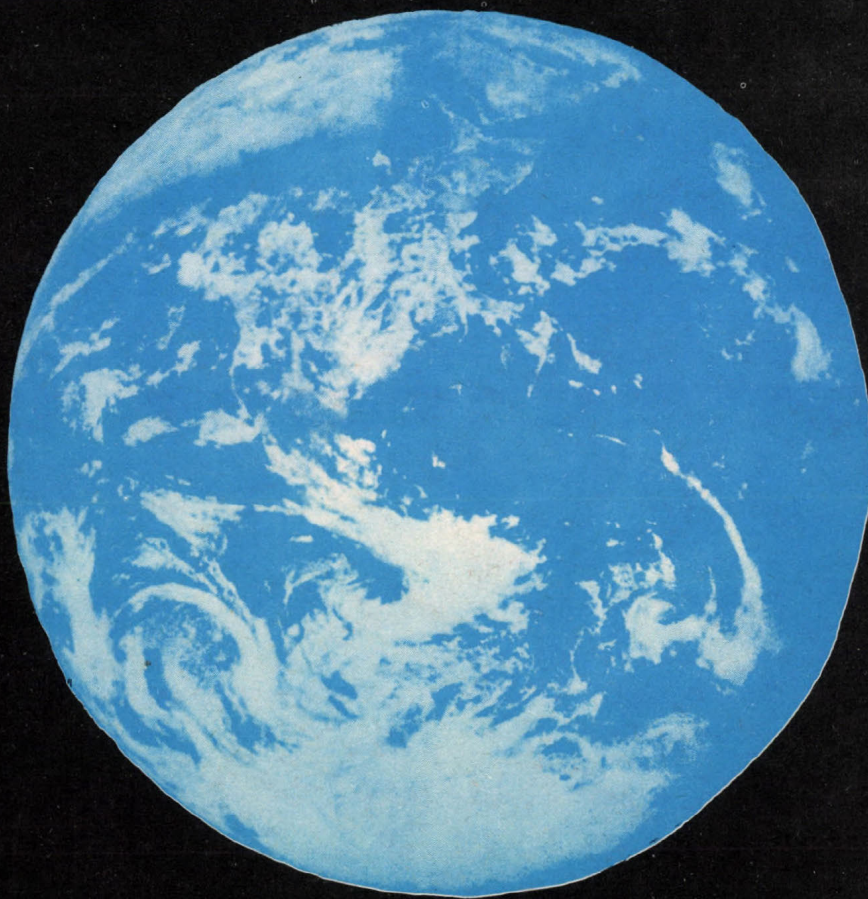
Összeállította:
Dr. Ajtay Ágnes

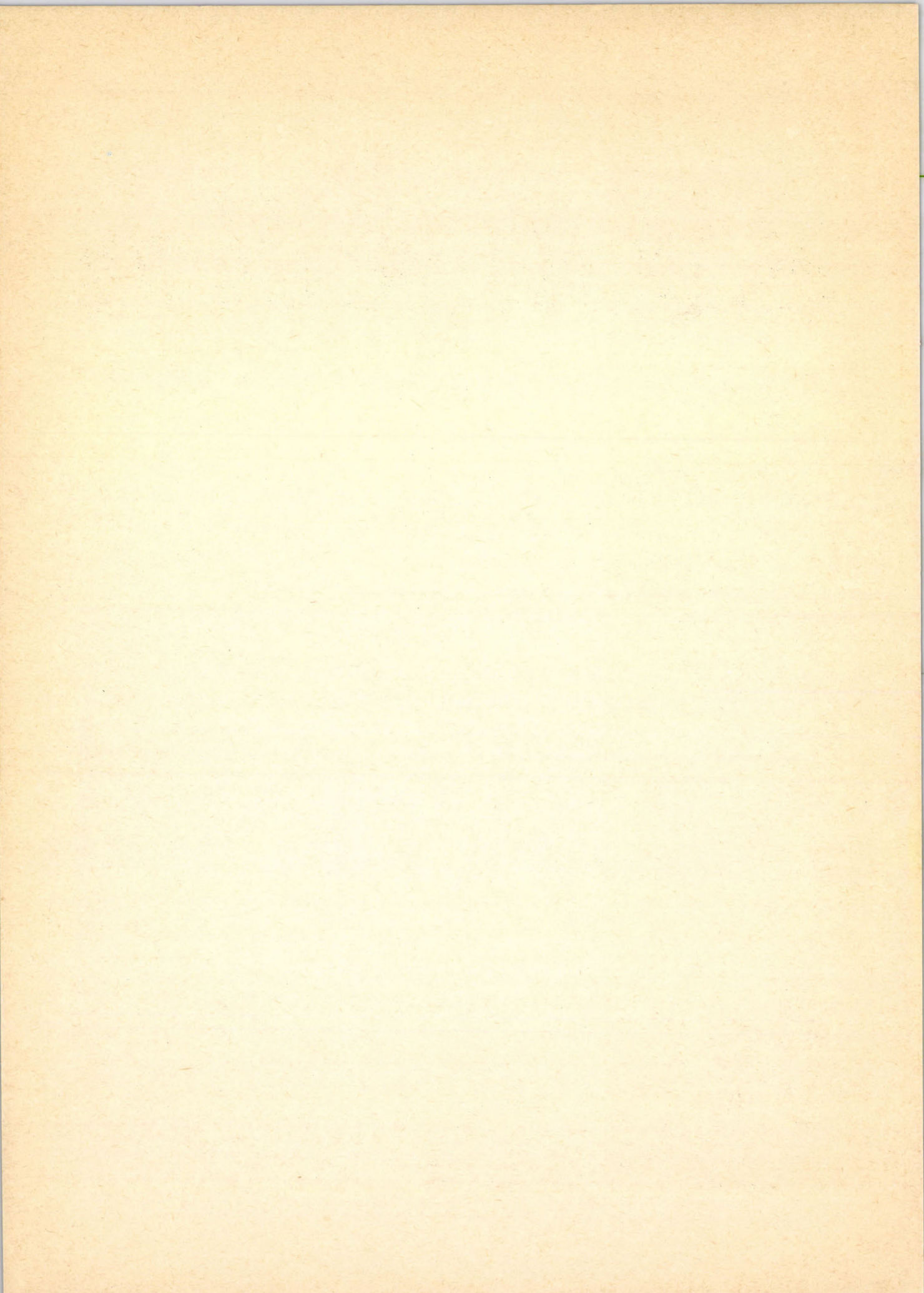


LÉGKÖR

XXX. évfolyam

1985. 4. szám





LÉGKÖR

Megjelenik negyedévenként

XXX. évfolyam

1985. 4. szám

Felelős szerkesztő:

Dr. Ambrózy Pál
a szerkesztő bizottság
elnöke

Operatív szerkesztők:

Dr. Csomor Mihály
Dr. Szabó Emilné

Szerkesztő bizottság:

Bóna Márta
Bozó Pál
Dunay Sándor
Haszpra László
Dr. Kozma Ferencné
Mezősi Miklós
Dr. Rákóczi Ferencné
Schirokné Kriston Ilona

Technikai szerkesztő:

Máthé Gyuláné

Grafika és tipográfia:

Kádiné Honyák Ágnes
Székrenyi Anikó

ISSN 0133-3666

A kiadásért felel:

Barát József, az OMSZ elnöke

Készült:

Az
Országos Meteorológiai Szolgálat
Házinyomdájában
1500 példányban
Évi előfizetési díja: 144,- Ft
Megrendelhető:
Az OMSZ Pénzügyi Osztályán
Msz: 85.952

AZ
ORSZÁGOS
METEOROLÓGIAI
SZOLGÁLAT
SZAKMAI
TÁJÉKOZTATÓJA

TARTALOM

A címlapon:

A FÖLD

a hátsó borítón:

A VENUS képe látható
(Apolló és Mariner felvétel)

Dr. Ambrózy Pál — Rákóczi Ferencé dr.: Interjú Dr. Kéri Menyhérttel	2
Kislexikon	8
Rudi Béla: Az agrometeorológiai információk hasznosítása a konzerv- iparban	9
Dr. Kozma Ferenc: A számítógépes termelésirányítás agrometeorológiai aspektusai	11
Dr. Varga-Haszonits Zoltán: A mezőgazdasági termelés és a meteoroló- gia kapcsolata	14
Dr. Rákóczi Ferenc: A Venus meteorológiája (II. rész)	18
Kislexikon	20
Dévényi Dezső — Pártai Lucia: Az operatív meteorológiai információk automatikus ellenőrzésének módszerei	21
Dr. Böjti Béla: A XII. Nemzetközi Kárpátmeteorológiai Konferencia	26
Dr. Béll Béla: Két éjszaka a kórházban (II. rész)	27
Olvastuk ...	33
Dr. Dunkel Zoltán: Meteorológiai Vándorgyűlés Nyíregyházán	34
Olvastuk ...	35
Magyarország időjárása 1985 nyarán	37
A légkör 1985. évi számainak tartalomjegyzéke	40



INTERJÚ DR. KÉRI MENYHÉRTTEL

Ez év augusztus 18-25 között az Alkotmány-ünnep körüli napokban szolgálati nehézségek miatt meg kellett szervezni az OMSZ székházában 1912 óta működő meteorológiai állomás észlelőinek helyettesítését. Többen vállalták a feladatot, közöttük dr. Kéri Menyhért, aki láthatóan örömmel jegyezte be naptárába az önként vállalt, nem kevés észlelési alkalmat. Meg is kérdeztük, hogy miért ez a lelkes, vidám „hozzáállás” ehhez az egyébként nem túlságosan kedvelt feladathoz? Kéri Menyhért válasza: „Alig néhány hét múlva lesz 50 éve annak, hogy mint meteorológiai észlelő – a debreceni egyetem gyakor-nokaként – elvégeztem az első észlelést a debreceni egyetemi sporttelepen, ahol akkor a város meteorológiai állomása állt.

Igy ez a mostani helyettesítés lesz – úgy érzem – a legméltóbb, leginkább az eseményhez illő megünneplése a félvé százados jubileumnak!”

– Ha már 50 éve tevékenykedik a meteorológiában, akkor bizonyára gyerekkorában is meteorológusnak készült?

Csalódást kell okoznom. Bár az időjárás mint a természet életének, jelenségeinek színhelye, közege, valóban már gyerekkoromban is érdekelt, s a meteorológiáról a kecskeméti református gimnáziumban hallottam is, tanul-tunk is (1925-33.), mégis amikor az érettségi után a pályaválasztáson gondolkodtam, minduntalan az járt az eszemben, hogy vajon miképp lehet-nék a budapesti Műegyetem Építészmérnöki Karának hallgatója? De hiába volt a fejtörés, az alapvető akadályt, a Budapesten folytatandó tanulás költségeit fiatalon, három gyerekkel özvegyen maradt édesanyám semmiképp sem tudta volna havi 100 pengőt alig meghaladó nyugdíjából kiszakítani. Élnem kellett egy másik lehetőséggel: elmenni Debrecenbe a mai Kossuth Lajos Tudományegyetem elődje hallgatójának. A szakma-választás viszonylag könnyen ment. Ha már le kellett mondanom az építészmérnökségről,

akkor csakis a természettudományok valamelyike lehetett az, amelyik vágyaimnak, érdeklődésemnek megfelelt. A földrajzra és a természetrajzra esett a választásom. E két tárgynak (amelyek a tanárképzésben is együtt szerepeltek) egykori tanárom *Szakács Ödön* lelkes, harmonikus oktató-nevelő munkája velem csak az érdekességét, a szépségét ismertette meg. A középiskolai földrajzi, természetrajzi (ebből különösen a növényélettani, -társulási) ismereteket játszva, élvezettel sajátítottam el úgyannyira, hogy az egyetemi tanulmányok első két évében e tárgyakkal gondom semmi, munkám nagyon kevés volt.

Szólnom kell még arról, hogy miben is mutatkozott meg az az anyagi előny, amely lehetővé tette számomra Debrecenben azt, ami Budapesten lehetetlen volt: egyetemi tanulmányokat folytatni kevés pénzből. A híres Nagytemplom mögött áll a több száz éves intézmény: a Református Kollégium. Itt kaptam én mint az ország egyik szintén híres református gimnáziumának volt növendéke havi 35 pengőért teljes

ellátással járó elhelyezést (Budapesten hasonló ellátásért nagyon szerényen számítva is legalább 60-80 pengőt kellett volna fizetnem). Debrecenben pedig a második évtől – nemcsak szabályos, hanem jó tanulmányi eredményem alapján – már csak havi 5 pengőt kellett fizetnem. A differenciát a Kollégium az úgynevezett Baltázár-alapítványból fedezte, nemcsak helyettem, hanem többszáz gimnazista, prepa (tanítójelölt) és egyetemi hallgató helyett és javára. Elsősorban ezért, de ezen kívül a becsületre, a tisztességre és a közösségben való helytállásra nevelésért élt bennem a hála a Debreceni Református Kollégium és annak emelkedett szellemű vezetői, nevelői iránt. Úgy érzem helyénvaló, ha ezt a hálát nemcsak hangoztatom, hanem ma is kézzelfoghatóan kifejezem az akkori Kollégiumot fenntartó egyházi intézmények mai jogutódjaival szemben.

– Amit eddig hallottunk, az nagyon érdekes, tanulságos, de még mindig nem tudjuk, hogy miképp lett Kéri Menyhért meteorológus?

Az az igazság, hogy egyetemi éveimben megismerkedtem a meteorológiával, sőt az úgynevezett „magántanári” előadásokból Berényi Dénes adjunktus révén magasszintű ismereteket is elsajátítottam. De ez még nem vitt engem abba az irányba, amely végül hivatássá, főfoglalkozássá tette számom-



*Doktori avatás a debreceni egyetemen
1941-ben*

ra a meteorológiát. Két, jelentős motiváló körülmény összetételének eredménye lett az – a legutóbbi napok példájára hivatkozva –, hogy ma is örömmel, izgalommal végzem a legegyszerűbb, de tudományunk múlt-, jelen- és jövőbeli alapját képező tevékenységet: az észlelést, obszerválást. Az egyik motiváló tényező a messi múltba nyúlik. Gyerekkoromat – annak ellenére, hogy kecskeméti, tehát városi lakos voltam – meghatározta egyrészt az, hogy édesapám mint tanyai (nem „tanyasi”) tanító Kecskemét kiterjedt határában több iskolában tanítva magával vitte családját a szőlőkultúrájáról híres Kláber-telepre, onnan a Koháry-Szentlőrinc-Szikra melletti Lakitelekre, majd Talfájába (itt áll még ma is, de már szinte bele-nőve a városba a Budai-úti iskola, ahol 1914. november 4-én én is születtem) s életem első 5-6 esztendejét az egykori Duna-Tisza közí erdők helyén te-

lepült, kifejlődött mezőgazdasági területeken, gyümölcs- és szőlőkultúra környezetében, a Kolon-tó zombékos-nádas vízvilágában, a homokbuckák borókás-ezüstnyáras, itt-ott sivatagot játszó pusztaságában töltöttem, ezek voltak az én „óvodai” éveim. 1920-ban lettem városi gyerek, s nagyon valószínű, hogy azt a sok szépet, színeset, örökké változót és mégis mindig ugyanazt, amit ez a táj belém plántált, nyomtalanul elfelejttem, ha nagyapámat jó vagy rossz(?) sorsa nem teszi emlékezetem szerint 1920-ban a homokhátság és a régi dunai ártér határán, Fülöpszállás és Csengőd között elterülő egyik 1200 holdas birtok bér-lőjévé (az 1929-30-as gazdasági világválság következtében tönkrement, élete tragikus véget ért). Ide jöttem én nyaranta életem első éveiben megismert s megszeretett alföldi környezetbe egy nagy majorba, amely minden újdonsága ellenére nekem nagyon ismert, kedves volt éppúgy, mint a tanyai iskolák világa. Tíz nyarat töltöttem itt, hat éves koromtól 14-15 évesig. Biztos, hogy mint növekvő, eszmélő fiú, még tágabban, még mélyebben megismertem a természetet. De közben elszakadtam a felszíntől, a fáktól, bokroktól, zombékoktól, nádistól s az ott élő, nyüzsgő világtól. Feltekintettem és megláttam az égbolt csodáit. A kék eget, a rajta úszó változatos és folyton változó alakú felhőket, a szikrázó Napot, esteledve előbb a Vénuszt, az Esthajnal csillagot, a „hazug” Holdat. Kitörölhetetlenül él bennem egyik-másik pusztai vihar félelmet szülő, mégis gyönyörű, borzongató szépsége. Ezek az élmények a gimnázium felső osztályaiban, az egyetemi évek elején elrendeződtek bennem, s ekkor jelentkezett életemben az a második motiváló tényező, amely egyesülve a gyerek- és ifjúkori élmények sokaságával, eldöntötte sorsomat: Berényi Dénes lelkes, szintén a természet ősi szépségeire épülő szakma, sőt egyenesen ki kell mondanom: meteorológia-szeretete eltéríthetetlenül vitt engem is ennek a gyönyörű és hálátlan, dúslombú és sokágú, ijesztően áttekinthetetlen, magasan lebegő, elvont és az élet minden megnyilvánulásához kapcsolódó gyakorlati tudománynak a birodalmába.

– A pályakezdést megelőző, élményekben gazdag fiatalkori útját

most már ismerjük, de mi történt ezután?

A tanári diplomát 1938-ban kaptam meg, de tanárként elhelyezkedni nem tudtam, a Vallás- és Közoktatásügyi Minisztérium Középiskolai ügyosztályán én voltam a 235. állásra váró tanár. Elmentem szülővárosomba internatusi nevelőtanárnak (a munkámért járó juttatások legjelentősebbje volt az önálló tanári lakószoba, de nekem ez ért a legkevesebbet, hiszen helyem volt otthon a családi házban). Még ennek az évnek az őszén tanár lettem a református leánygimnáziumban, mert elődömet behívták katonai szolgálatra, s ezzel a nekem kedvező fordulatot hozó változással csapott meg bennünket az annyi bajt hozó második világháború szele.

Önálló életem első nyugodt hónapjait élveztem ebben az időben. A tanítás kellemes volt, friss ismereteim és naprakész pedagógiai módszereim átadása illetve alkalmazása szinte mindent elégedtetett velem. Nem gondoltam én meteorológiára, megkezdett szingulartás-kutatásom témájára, hanem érdeklődéssel, önmagamot szinte kívülről figyelve végeztem a tanítás-nevelés mindennapi, de változatos, sohasem unalmas munkáját. Közben „gondom” volt például, hogy nem származik-e belőle bonyodalom, ha engedélyezem Fantó Kecskeméti fényképésznek e riport elején látható arcképem eladását nagy érdeklődést mutató tanítványaim, többnyire 16-17 éves lányok részére. Ennek az idilli életnek vetett véget 1939-ben a február 1-ére szóló katonai behívó. Rövid, de kemény volt ez a katonai szolgálat a nyíregyházi 4-es huszároknál. Március 15-én engem mint családfenntartót leszereltek, az ezred pedig megindult Kárpátalja elfoglalására. Ezredtársaim közül kevesen kerültek ki élve a későbbi 1942-43-as ukrainai harcokból, lóháton nem sok esélyük volt a tankokkal felvonuló szovjet alakulatokkal szemben. Ezzel a leszereléssel (de persze nem ez volt az életemben az utolsó) új fordulat következett be életemben: eljött annak az ideje, hogy amit meteorológiából Debrecenben tanultam, azt Budapesten az Országos Meteorológiai Intézetben hasznosítsam.

– Miből is állt tulajdonképpen ez a tudás? Mit tanultak és mit tanultak meg a két világháború között a ma-

gyar vidéki egyetemeken azok, akiknek a szaktárgyaiban így vagy úgy szerepelt a meteorológia?

Megkísérlem a rövid, kerek és kielégítő választ. Az 1934-1937 közötti három évben az egyetemi tanrendben a következő előadásokat hirdették meg meteorológiából (mind szerepel az indexemben): fizikai földrajz, leíró éghajlatlan, mikroklíma, bevezetés Magyarország dinamikus klimatológiájába. Ezeket az előadásokat *Berényi Dénes* és *Mendöl Tibor* mint magántanárok, megbízott előadók hirdették meg. Nem meteorológiai előadásokként, de túlnyomóan ilyen tartalommal hallgattuk a növényekölógia, a vizek élete, növényföldrajz, állatökológia című tárgyakat *Soó Rezső* és *Hankó Béla* egyetemi tanárok előadásában.

Mindezekon kívül én mint az időjárási jelenségek iránt érdeklődő hallgató, bejártam az általános földrajzi tanszék mellett szervezett egyetemi Meteorológiai Intézetbe, amelynek vezetője *Berényi Dénes* volt. Itt az egyetemi meteorológiai állomás észlelő munkájának irányítása, pilotozás, a szinoptikus híryanagy vétele, a térképek analízisa, keletmagyarországi prognózis készítése (debreceni újságok rendszeresen közölték), a debreceni és ugyancsak keletmagyarországi éghajlati állomások adatainak begyűjtése, feldolgozása és publikálása (évkönyvekben) volt a feladatunk. *Berényi Dénes*en kívül 3-4-en végeztük ezt a munkát. Alkalmilag bekapcsolódtunk az Országos Meteorológiai Intézet hazai, illetve nemzetközi tevékenységébe is, mint pl. a Geofizikai Év programja keretében rendkívüli ballonszonda felszállásokba (ekkor ismertem meg *Tóth Géza* OMI osztályvezetőt, aki nekünk Debrecenben személyesen mutatta be és tanította meg a ballon-szonda felszállások elméleti alapjai mellett a kapcsolatos összes szükséges gyakorlati teendőket. A meteorológiáért élő és lelkesedő szakember mintaképe ő az én szememben mind a mai napig.)

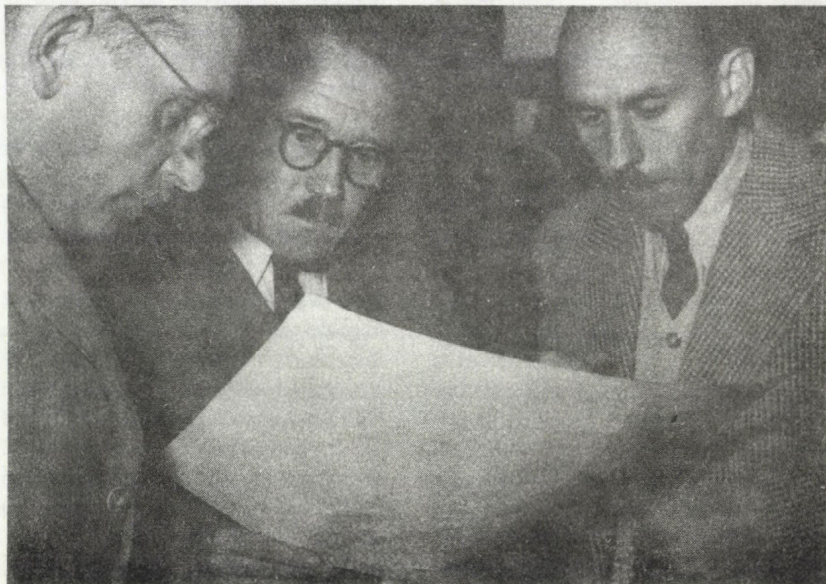
A szegedi egyetemen ebben az időben a nem meteorológiai tárgyak (ökológia, fizikai földrajz, földrajzi gyakorlatok) keretében több meteorológiát, de kevesebb tisztán meteorológiai előadást tartottak (*Prinz Gyula*, *Kogutovicz Károly*, *Wagner Richárd*); a pécsi

egyetemen pedig ebből is, abból is kevesebbet (*Simor Ferenc*).

Debrecenben mindezekon kívül tudományos kutatás is folyt s szerény kerek között, de rendszeresen publikált a földrajzi tanszék és az egyetemi meteorológiai intézet tanszemélyzete. Itt jelent meg az én első közleményem is nyomtatásban 1937-ben („Bihar vármegye vízrajza”; Vármegyék és Városok Monográfiája, Bp. 1937.).

Amint visszaemlékezésem elején mondtam, 1935 szeptemberétől díjtalan gyakornok lettem a földrajzi tanszéken, beosztva az egyetemi meteorológiai intézetbe, az imént felsorolt tevékenységet végezve. Közben a tanári alap- és szakvizsgát, majd a sikeresen elvégzett gyakorló tanári év után a pedagógiai vizsgát is letéve végülis 1938 júniusában kitűnő minősítésű tanári oklevelet kaptam. A „díjtalan gyakornok”-i státus (amely fizetés nélkül – a nevében benne van – a közalkalmazotti félárú jegyváltására jogosító igazolványt és a gyakornokként eltöltött időt a reménybeli fizetéssel járó állami szolgálat esetén mint nyugdíjba beszámítható időt kilátásba helyezte) egészen 1939 ápriliséig fennállt, amikor *Réthly Antal* meteorológiai intézeti igazgató távirata *Bacsó Nándor* osztályvezetőhöz irányított, aki engem 1939. április 19-én bevezetett a Meteorológiai Intézet bentlakó észlelői közé és az észlelői teendőkre is. De mivel alkalmazásról szóló papírom az észlelésre behívó táviraton kívül még nem volt (élelmezésem és ruházkodá-

som költségeit az úgynevezett „vízrajzi munká”-ért kapott havi 100 pengő fedezte), egyetemi gyakornoki „állás”-omról nem mondtam le – a jogfolytonosság okából. Az 1939-40-es tanév kezdetén aztán automatikusan megszűnt a gyakornokságom, mert a tanszék – értesülve arról, hogy az Országos Meteorológiai Intézetben helyezkedtem el – helyembe új, természetesen továbbra is ingyen dolgozó gyakornokot alkalmazott. Ekkor azonban már beléptem az Intézet „ideiglenes minőségű kisegítő szakmunkaerő”-i közé, sőt 1940. február 11-én *gróf Teleki Mihály* földművelésügyi miniszter aláírta első kinevezési okmányomat, amely szerint „ideiglenes” minőségem még mindig nem szűnt meg (de már nem voltam díjtalan!). Későbbi kinevezési okmányaimon már csak hivatali rangom rövid megnevezése szerepelt, és az aláíró miniszterek változó, ma már mindenképpen történelmi személye (1941-ben: kísérletügyi aszisztens; 1942-ben. meteorológiai adjunktus, mindkettőn *báró Bánffy Dániel*; 1947-ben osztálymeteorológus – *Bárányos Károly*). Ezután több ilyen kinevezési okmányt nem kaptam, mert közben ezt a jogot kormánydöntés az Intézet igazgatójára ruházta. Így lettem 1953-ban a csapadékhalózáti osztály, 1954-ben az éghajlati osztály, 1957-ben a tájékoztatási osztály, 1958-ban a biometeorológiai osztály vezetője s egyúttal ebben a minőségemben 1961. január 1-től a „Marczell György Obszervatórium” (ma KLFI) helyettes



Hajósi Ferencel és Krasztanov professzorral 1954-ben

vezetője. A teljesség kedvéért még elmondom, de megjegyzem, hogy a további, nem örvendetes változások — mert nagyon szorosan kapcsolódtak az egyre gyorsabban múló évekhez — így következtek: 1963-tól a hidrometeorológiai és éghajlati főosztály helyettes vezetője, 1964-től az OMSZ könyvtárának vezetője, 1968-tól tudományos tanácsadó, s ezt a minőséget megtartva

volt meg kevés is. Az állástalan diplomások (röviden ÁDOB-gyakornokok a 40-es évek elején) fizetése kevesebb volt, mint a meteorológiai észlelőnek, és lakás sem járt vele. A szellemi szükségmunkások (ez is egy sajátos alkalmazási kategória volt a Horthy-korszakban) pedig — attól függően, hogy Budapesten, vidéki nagyvárosban, vagy egyebütt dolgoztak — havi 80-60-30

tam el Béll Bélától, fejenként 10-12 rétest ettünk meg. Telt az 50 pengőből, ilyen „kihágás”-t néha-néha megengedhettünk magunknak.

Persze jól öltözni havi 50 pengőből azért nem volt könnyű. De tehetséges, rátermett elődeink példáját követve (*Wieland Frigyes, Csernó Géza* volt-e, ki tudja már!) a hivatalos kiküldetések lehetőségeit messzemenően kihasználtuk. A szabályokat át nem lépve, — első 14 napos állomásszervező és — ellenőrző utam díjából egy pár durábel bakancsot, jó minőségű vihartáskát és hátizsákot vettem magamnak a Nagykovácsy (ma Úttörő) áruházból. Igaz, a kiküldetésben mint egyetemi gyakornok féláru jeggyel utaztam, de a napidíjat mint ideiglenes minőségű kisegítő szakmunkaerő számoltam el, akinek joga volt az útiköltséget is egész jeggyel elszámolni! (Ebben még a szigorú „GH főnök” *Pekáry Lénárd* sem talált kivételt.)

A felszabadulás után minden másképp lett. De annak a módját, hogy miképp lehet a 31 forintos napidíjból is megtakarítani, ekkor is megtaláltuk. Igaz, a GH főnöke már nem *Pekáry Lénárd* volt, de a gépkocsi-korszak még nem jött el, rengeteget gyalogoltunk egy-egy kiküldetésen, s a kilométer-pénzből meg a napidíjból mégis összegyűjtött valami.

Az észlelők szobái mindig rendben, télen jó meleg volt. Kellemes lakó- és munkahelyül szolgáltak. Az akkori altisztek gondosan takarítottak (*Weiszné, Szeitzné*) és fűtöttek (*Német Gusztáv*).

Mivel 1941-ben az egyetemi doktori szigorlatot júniusban „cum laude” letéve, augusztusban egy vállalkozó kedvű, derűs egyéniségű debreceni lánnyal házasságot kötöttem, kiköltöztem a Meteorológiai Intézetből. Szerencsém volt, mert bár a kiadó lakásokat hirdető táblák a bérházak kapuira éppen ekkor örökre(?) eltűntek, mégis a Kéleti Károly utca 23-ban kaptam egy kétszoba-komfortos lakást az I. emeleten. Úgy gondoltuk, gyerek nélkül — ideiglenesen — ez is megfelel. Ma is ebben lakom, sajnos már közel öt éve egyedül. Két fiam van, megnősültek, az öregebbnek (*K. Menyhért, agronómus*) két gyermeke van: egy lány és egy fiú (ő szintén *Menyhért*, e néven ő az ötödik, az ükapja — az én nagyapám — a bérlő volt az első). Kisebbit



Biometeorológiai előadást tart Londonban

974-től előbb a KEI városi tájékoztató, majd az OMSZ szakigazgatási szolgálatfejlesztési osztályának vezetőjeként vonultam 1977. január 1-vel nyugalomba.

— No, most valóban rövidre fogva ismertük meg Kéri Menyhért pályájának legjelentősebb állomásait. De talán voltak ennek a közel négy évtizednek érdekes, emlékezetes, esetleg humoros epizódjai is. Hallhatnánk ezekből is valamit?

Nagyon szívesen, bár nem vagyok abban biztos, hogy az olvasók számára is érdekesek, humorosak lesznek azok az események, amelyekre én ilyenként emlékezem. De talán ezek is jellemzik a kort, azokat, akik átérték, s talán azokat is, akik ma hallva ezeket az eseteket sem érdekesnek, sem humorosnak nem találják.

Lássunk csak néhányat, ahogy eszembe jutnak. Az a havi 100 pengő, amelyet vízrajzi munkáért kaptam, sok is

pengőt kaptak. De az is jellemző azokra az időkre, hogy a 60 pengőt meghaladó keresetre már házasságot is lehetett kötni. Az én 100 pengőm mindenestre elég nagy összeg volt ahhoz, hogy felét élelmészre, felét ruházkodásra költssem. Az 50 pengőből jól táplálkoztam. Jutott arra is, hogy pl. 1939 nyarán egy vasárnap a Törökbánya vendéglőben (a Széna tér felől a Lövház utca és a Retek utca sarkán állt alacsony, földszintes, az utca szintje alá süllyedt épületben működött, kitűnő volt a konyhája) *Béll Bélával* ebédeltem, s egyszerű, de nagyon ízletes menüt ettünk. A tészta kitűnő meggyes-rétes volt. Annyira ízlett, hogy egyszerre szólunk a pincérnek: hozzon még egy adag rétest! Aztán még egyet és ... így tovább. A dolog vége az lett, hogy végül a pincér kért bennünket, ne együnk már többet, mert akkor a menühöz másnak már nem tudnak tésztát adni. Nem marad-

fiam (László) erdőmérnök Balassagyarmaton.

Katonai „pályafutásom” nem a nyíregyházi huszár-laktanyában ért véget



Műszerellenőrzés

(bár úgy lett volna!). Másodszor 1942 októberében hívtak be, s rövid megszakítással hordtam az egyenruhát 1945 szeptemberig. Közben voltam zászlóalj-írnok (Debrecenben 1943 telén a 11. Hajdu-ezredben zászlóalj-kihallgatásra rendelve *Beregfy Károly* hadtestparancsnok vezérezredes által, mert egy Piac-utcai trafikban karpaszományos tizedes létemre fehér kesztyű nélkül mertem(!) vele találkozni) — aztán bölcsészdoktori címem miatt tévedésből néhány napig orvos egy kórházvonaton, vesztégzár-hadikórházi eü. tizedes, 1944 elején pedig rep. meteorológiai tiszt tanfolyam hallgatója — többek között — *Kónya Alberttel*, *Pócza Jenővel*, *Flórián Endrével*, *Ozorai Zoltánnal*. A második világháború utolsó évének nyarán hadapród-örmmesterként az akkor egyetlen magyar éjjeli-vadász repülő század meteorológus tisztjeként a kassai provokációs bombázást leleplező *Krudy Ádám* százados parancsnoksága alatt szolgáltam. Itt 1944 augusztusában egy hihetetlenül fejlett Mátra fölötti zivatarfelhő szemrevételezése céljából felszállva, szabotázs következtében éjjel végrehajtott kényszerleszállás során megsérültem, kórházba kerültem. Ezzel az én katonai pályafutásom majdnem egyidőben a háborúval véget ért. Budapestről kitelepülésem, amerikai

hadifogságba esésem s 1945. szeptemberi hazatérésem már csak utózőngéi voltak ennek a befejezésnek, s a Néphadsereg tartalékos állományából 1974 őszén történt elbocsátásom — annak ellenére, hogy ekkor már századosi rangot értem el — semmilyen jelentőséggel nem bírt, életemet nem befolyásolta.

— Hogyan emlékszik vissza fiatakorának nagy öregjeire, Róna Zsigmondra, Steiner Lajosra és kortársaikra?

Amikor az intézet kötelékébe léptem, *Róna Zsigmond* és *Fraunhofer Lajos*, már jóval túl a 70-en még az igazgatói szoba mellett egy kis szobában dolgozott. Első itt készült munkám — a szárságról szólt — Róna kezébe került. Érdekesnek találta, de rögtön javasolta, hogy egy kicsit matematikusabbá kellene tenni. Természettudományi földrajzi képzettségemmel senki sem vethette szememre a dolgozatnak ezt a fogyatékoságát. Róna tanácsaival gazdagítva jelent meg ezután a dolgozatom az *Időjárás*-ban.

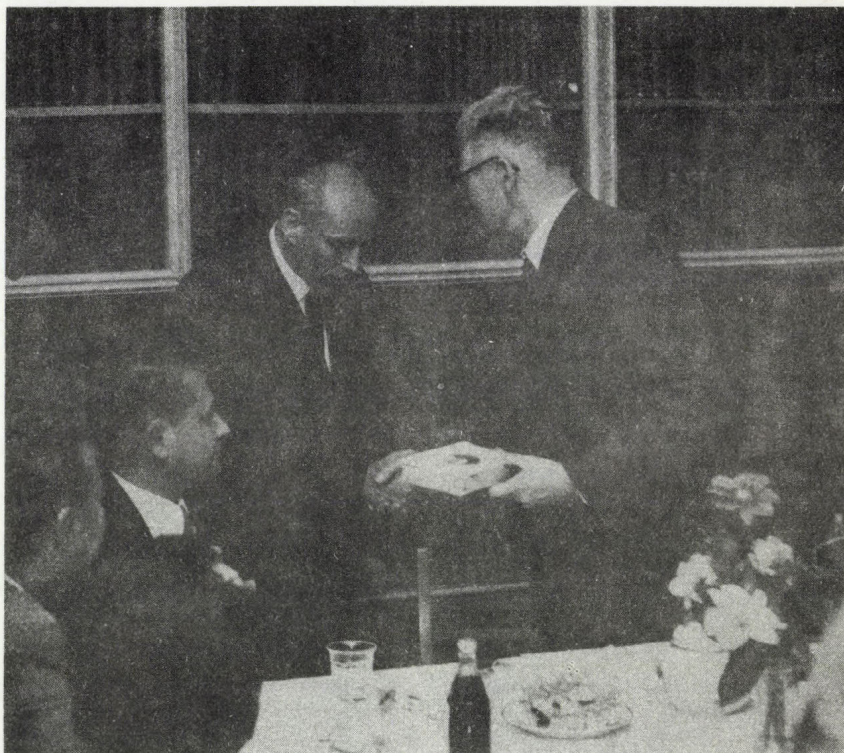
Steiner Lajossal inkább csak a Meteorológiai Társaságban találkozhattunk már akkor. Nehezen tudta elviselni, hogy elismert tudós, akadémikus léte egy napról a másikra másodrangú állampolgárrá vált.

Emlékezetes volt számomra az az ünnepi ülés 1939-ben, amelyen a 60 éves *Réthy Antalt* köszöntötték. Sok neves ember gyűlt össze ez alkalommal, akiket akkor láttam először.

— Bizonyára sok érdekeset tudna még fiatakoráról, tapasztalatairól elmesélni, de azt is tudjuk, hogy mint a felszabadulást követő évek egyik legtöbbet utazó magyar meteorológusa, nagyon sok élményt gyűjtött Európa számos országában, sőt Kanadában is. Hallhatnánk mindebből valamit?

Szívesen, bár érzem, hogy ez a témakör már nehezen szorítható be abba a keretbe, amelyben az eddig elmondottak mozogtak! De azért egy-néhány mondat hasznos lesz erről is.

Névszerint felsorolva 1955 és 1976 között hivatalos küldöttként nemzetközi meteorológiai szolgálati, tudományos ülésen, interdiszciplináris értekezleten, vitán, szimpóziumon, adminisztratív megbeszélésen, meteorológiai, bio-, agro-, közlekedés- és építészeti tudományos társasági kongresszuson és más, a meteorológiát is érintő vegyes témájú nemzetközi konferencián vettem részt a Szovjetunióban, Lengyelországban, Romániában, Csehszlovákiában, Jugoszláviában, az NDK-



A 70 éves Berényi Dénes köszöntése

ban, Angliában, Svájcban, Ausztriában, Hollandiában, az amerikai kontinensen Kanadában.

Ennek a sok utazásnak egyik fontos tanulsága az, hogy a mi szakterületünkön különösen, de minden szellemi tevékenységgel járó pályán nagy jelentősége van a nyelvtudásnak. Ezért él bennem hála a németet anyanyelveként beszélő, de magyar tanárként is kitűnő középiskolai osztályfőnököm iránt, aki a tanterv merevségein áttörve eredményesen tanított – sokakat megtanított – a német nyelvre. Angol tanárunk pedig az élő angol nyelvet tanította meg nekünk, ritka jó eredménnyel. Sokunk megbecsülését igyekszem akkor kifejezni, amikor e kiváló nyelvtanárok között emlékezem meg kedves felettesünkről, katonai parancsnokunkról, de mindennek fölött bölcs, tapasztalt barátunkról, meteorológus kollégánkról *Hille Alfréd*ről, aki az orosz nyelvet a háború utáni intézeti nyelvtanfolyamokon nemcsak sikerrel tanította nekünk, hanem meg is szeretettette velünk.

A sok-sok külföldi élmény és emlék között féltve őrzött dokumentum az a kormány-képviselői megbízás, amely engem mint a magyar küldöttség vezetőjét delegálja a WMO torontói (Kanada) agrometeorológiai ülésére. Társam *Gajzágó László* volt, a megbízó levél aláírója pedig *Péter János* külügyminiszter (1962).

– Nem lenne teljes Kéri Menyhért

portréja, ha nem kérdeznénk kedvenc és egészséges időtöltéséről, a természetjárásról.

Ha jelképesen is, de szinte minden héten kirándulok baráti társasággal, *Béll Bélával* (amíg egészsége engedte), *Pred-*

vén, én sem születtem a túrázásra. Inkább kényszerhelyzet vitt rá a háború végén, amikor Bécsújhelytől Amsterténig 600 km-t kellett gyalog megtenni tíz nap alatt. Ekkor valahogy belejöttem a túrázásba. Itthon azóta sok



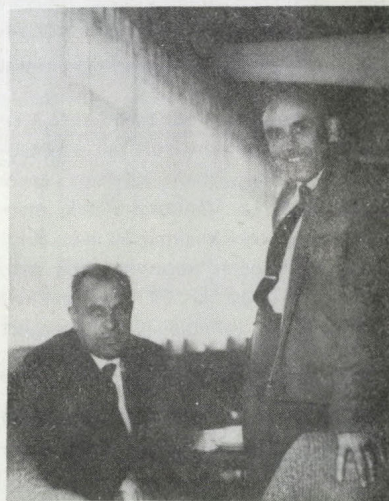
Béll Bélával egy MMT ülésen

merszky Tiborral vagy unokáimmal. A gyerekek nehezebben bírják a túrázást, ők akkor feledkeznek meg a fáradtságról, ha útközben elég sok érdekessé tudok nekik mondani vagy mutatni. Ilyenkor lelkesen számolnak be otthon a látottakról. Alföldi ember lé-

kellemes, emlékezetes túrát megtettünk intézeti kollégákkal. Sajnálom, hogy mostani életvitelünk nem kedvez az ilyen kirándulásoknak. Aki például



Túra közben



Szlovák kollégájával, S. Petrovič-csal

kocsitulajdonos, naponta akár 500-600 km-t megtesz, s bár így is sok a látnivaló, mégsem pótolja az egészséges gyalogtúrát.

– Elérkeztünk a beszélgetés záró szakaszához. Ide illik a kérdés: mi a véleménye a meteorológia, benne a magyar meteorológia jelenére és főként jövőjére nézve?

Nehéz kérdés, mert erre a legnagyobb tudású és legsokoldalúbb meteorológus is csak a tévedés nagy kockázatával válaszolhat. Én meg sem kíséreltem egy ilyen válasz megfogalmazását. De azt kevés szóval röviden merem hangsúlyozni, hogy a közeli és távolabbi jövő meteorológiai sikereinek egyik záloga, ha a jövőbeli rendkívül magas színvonalú elméleti ismeretekhez, az elképesztő gyorsasággal fejlődő, jól szervezett adatgyűjtő, feldolgozó és szolgáltató rendszerekhez *adekvát meteorológiai mérési és megfigyelési adatok* szolgálnak alapul.

– Végül még egy kérdés: mivel foglalkozna Kéri Menyhért, ha még egy-két évtizedet tölthetne kutatással? Erre is rövid a válaszom – halkan közbeszúrva, hogy mint a sikeres tudományos kutatás jelöltje („kandidátusa” – 1962.) – szívesen vetném bele magam a megmért csapadék és a még soha meg nem mért tényleges csapadék közötti viszonyban a földi életet sokban érintő, előbbrevívó tisztázása érdekében. Hazai vonatkozásban finomítva ezt a problémát: jó volna tudni, hogy az általunk mért eső (cseppfolyós csapadék) és hó (szilárd csapadék) tényleges mennyiségei hogyan viszonylanak egymáshoz. Aki erre válaszol, az lehet a tudományok doktora is!

Sok minden kimaradt még ebből a riportból, hiszen nem volt szó a Meteorológiai Társaságban kifejtett tevékenységéről, a Vándorgyűlések megindításáról (ennek is már 30 éve), földrajzi, hidrológiai kapcsolatairól, stb. Kívánjuk, hogy az 50 éves szakmai munkásságát ünneplő Kéri Menyhért még sok éven át gazdagítsa szakmákat széleskörű ismereteivel, jó tanácsaival, s egy későbbi riportban újabb érdekes történeteket halljunk tőle.

Dr. Ambrózy Pál
Rákóczi Ferencné dr.



KISLEXIKON

FOLYÓIRATUNKBAN ELŐFORDULÓ SZAKKIFEJEZÉSEK
MAGYARÁZATA

Agrotechnika

(A mezőgazdasági termelés és a meteorológia kapcsolata)

Az agrotechnika a mezőgazdasági termelés során alkalmazott eljárások összessége.

Autokorreláció

(Az operatív meteorológiai információk automatikus ellenőrzésének módszerei)
Egy ξ_t sztochasztikus folyamattal kapcsolatban az $R(s, t) = R(\xi_s, \xi_t)$ kétváltozós függvényt, amely az s, t értékpárokhoz a ξ_s és ξ_t valószínűségi változók korrelációs együtthatóját rendeli hozzá, a folyamat autokorrelációjának nevezzük. Stacionárius folyamatok esetében $R(s, t)$ csak a $t - s$ különbségtől függ. Ez esetben az $R(t) = R(\xi_s, \xi_{s+t})$ ($-\infty < t < \infty$) egyváltozós függvényt is autokorrelációnak nevezzük.

Éghajlatmegfigyelő állomás

(A számítógépes termelésirányítás agrometeorológiai aspektusai)

Meteorológiai állomás, ahol a meteorológiai elemek (hőmérséklet, légnedvesség, légnyomás, szélirány és -sebesség, csapadék, felhőzet, sugárzás, levegő kémiai összetétele stb.) megfigyelése az éghajlatkutatás követelményeit kielégítő, egységes módszerekkel történik.

GTS (Global Telecommunications System)

(Az operatív meteorológiai információk automatikus ellenőrzésének módszerei)
Globális Távközlő Rendszer, amely a Meteorológiai Világszervezet Időjárási Világ-szolgálatához tartozó három alrendszer egyike.

Harmonikus súlyozású trend

(A mezőgazdasági termelés és a meteorológia kapcsolata)

A harmonikus súlyozású trend egy jelenség változási tendenciáját leíró olyan függvény, amely az adott időponthoz legközelebbi időszakot nagyobb súllyal veszi figyelembe, mint a korábbi időszakot.

Redundancia

(Az operatív meteorológiai információk automatikus ellenőrzésének módszerei)
Az *információtartalom* fölöslege. Ha valamely közlés több állítást tartalmaz, vagy általánosabban: több információt tartalmaz, mint amennyi annak jelentése szempontjából a bizonytalanság megszüntetéséhez szükséges, akkor azt redundánsnak mondják. Az *információelmélet* egyik fontos következtetése szerint bizonyos mérvű redundancia kívánatos annak érdekében, hogy a hírközlő csatornában fellépő zavarok és hibák ellenére a közlés még érthető maradjon. A *meteorológiai adatok automatikus ellenőrzése* pl. azon alapszik, hogy az adatok elegendő redundáns információt tartalmaznak. Ez teszi lehetővé a logikai, fizikai, időbeli vagy térbeli összefüggéseknek ellentmondó, tehát a valószínűleg hibás adatok felismerését.

Objektív analízis

(Az operatív meteorológiai információk automatikus ellenőrzésének módszerei)
Az objektív analízis (numerikus analízis) az időjárás elemek területi eloszlásának számszerű, objektív meghatározása szabályos hálózat rácpontjaira, optimális interpoláció, korrekciós módszerek, stb segítségével.

Tágabb értelemben magában foglalja a meteorológiai jelentések dekódolását, ellenőrzését és az analizált mező valamilyen formában történő megjelenítését is.

Folytatás a 20. oldalon

AZ AGROMETEOROLÓGIAI INFORMÁCIÓK HASZNOSÍTÁSA A KONZERVIPARBAN

Az agrometeorológiai információk hasznosítása a konzerviparban

Az objektív valóságnak és törvényszerűségeinek kutatása a megismerésük és hasznosításuk iránti igény végig kíséri az emberiség történetét. A dolgok mélyebb összefüggésének feltárása azonban nemcsak a szűken értelmezett emberi létre, hanem az azt meghatározó *természeti környezetre* is vonatkozik. E környezet létfontosságú eleme a *légkör*, mely a biológiai létezés alapja, és mint ilyen a mezőgazdasági termelés elsődleges energia- és — részben — nyersanyag forrása.

Mivel az éghajlati és időjárási feltételek adottak, a mezőgazdasági és élelmiszeripari termelésnek ezekhez a feltételekhez kell *alkalmazkodnia*. Valamilyen alkalmazkodás mindig történt és történik, de nem közömbös, hogy milyen társadalmi és gazdasági hatékonysággal. Az utóbbi két évtizedben az alkalmazkodást tekintve számottevő javulás következett be, mely főként az agrometeorológiai információk valós figyelembevételére és a termelést irányító mezőgazdasági szakemberek alkalmazó készségére vezethető vissza. Ennek ellenére a mezőgazdasági munkák menetében még ma is dominálnak a hagyományok, melyeket generációk örökölnék és a „jeles napokhoz” (Medárd, Vince, Gyertyaszentelő stb.) kötődnek. Ezek a hagyományok és alkalmazásuk sokszor végletesen leegyszerűsítik az alkalmazkodás problémáját, éppen ezért a hagyomány csak hagyományos termeltetési rendszerek, termények, technológiák és eljárások esetében adhat támpontot.

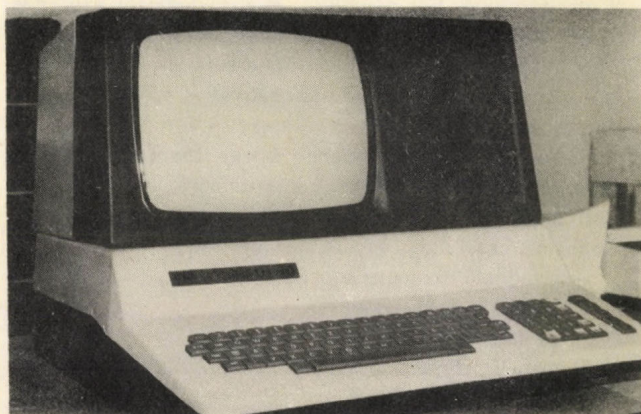
Az új nagyüzemi gyakorlat, az egyre korszerűbb gépek és technológiák, az iparszerű termelési formák új alkalmazási módok fejlesztését teszik szükségessé, és mindenképpen *igénylik a termelést befolyásoló meteorológiai tényezők módszeres figyelembevételét*.

E felismerés jegyében indult el — 1977-ben — a Nyíregyházi Konzervgyár kezdeményezésére az a kutatási-fejlesztési munka, melynek középpontjában a számítógéppel *programozott mezőgazdasági termelés* állt, azzal a céllal, hogy *szinkronizálja a konzervipari nyersanyagtermeltetést és feldolgozást*.

A Konzervgyár a téma koordinálójának az Országos Meteorológiai Szolgálatot kérte fel, amely a közreműködő számos intézménnyel és kutatóhellyel együtt jól megoldotta feladatát. Létrehoztak olyan kiszolgáló rendszert, amely

hatékonyan támogatta a modellkutatásokat, és szolgálja ma is az operatív irányítást. Irányításukkal megvalósultak azok a számítógépes rendszerek (zöldborsó, zöldbab, paradicsom, uborka, szamóca, fűszerpaprika), melyek évek óta sikeresen működnek a Nyíregyházi Konzervgyár körzetében, és többirányú elterjesztés alatt állnak.

A kutató-fejlesztőmunka eredményeként létrehozott termeltetési rendszerek kedvező hatásai a feldolgozónál és a termelőknél egyaránt megmutatkoztak.



1. ábra:

A programozott termelést szolgáló COMPUT-80 mikroszámítógép

A kidolgozott modellekkel programozott számítógépes termeltetési rendszer alkalmazásából származó, s a feldolgozó iparban jelentkező eredményeket az alábbiakban foglaljuk össze:

- jobb munka- és gyártásszervezés annak eredményeként, hogy a nyersanyag rendelkezésre állás prognosztizálható volt,
 - a programozottan termelt nyersanyagot zavartalanul, egyenletesen és veszteségmentesen lehetett feldolgozni,
 - az eszköz- és a munkaerő egyenletesebben és optimálisan kerülhetett kihasználásra,
 - így végeredményben a gyár kiegyensúlyozottan jó minőségű késztermékkel szolgálhatta a fogyasztási érdekeket.
- A kidolgozott prognosztikai modellek gyakorlati alkalmazása során a Nyíregyházi Konzervgyár hatáskörzetében a nyersanyagtermelő szerződéses mezőgazdasági partnerek-nél a számítógépes termeltetési rendszerek a következő kedvező hatásokat hozták létre:

- zavartalan, a felkészültségükkel összhangban folyó betakarítási munka,
- a termésmennyiség arányainak kedvezőbb, nagyobb árbevételt biztosító megváltozása,
- a munkaszervezési feladatok egyszerűbb megoldása,
- a betakarítási veszteségek csökkenése,
- a minőségi paraméterek javulása (ennek hatása azonban még nem eléggé ösztönöz az érdekeltségi rendszerben).

A kidolgozott számítógépes termeltetési modellek alkalmazásának eredményei nem minden esetben számszerűsíthetők. Az alkalmazás hatékonyságát így célszerű kétirányból megközelíteni. Először a számszerűsíthetőség oldaláról, ahol tapasztalataink szerint 6000 Ft/ha hatékonyságnövekedés mutatható ki a zöldborsó, míg 3500 Ft/ha a többi növények átlagában. Ezek az eredmények az 1972-1976. és az 1977-1984. évek átlagából származnak, változatlan áron. Azonban a nem számszerűsíthető eredmények is igen jelentősek. A rendszer-programok alkalmazását megelőző években (1977 előtt) sok esetben okozott feszültséget, konfliktust az a tény, hogy az egyes növényi kultúrák termelési területein azonos időben, egyszerre váltak betakarításra érette a nyersanyagok. A betakarítási feladatok nem voltak szinkronban sem a mezőgazdasági erőforrásokkal (betakarító gép, cséplőgép, munkaerő stb.), sem a gyári fogadóképacitásokkal. Sőt a szállítás és a feldolgozó kapacitás összehangolatlansága igen nagy számú szállítóeszközt kötött le fölöslegesen (számtalan teherautónak kellett a konzervgyár előtt órákat, sőt félnapokat is időznie egy-egy összeérési csúcsidejében).

Az ellentétnek vélt érdekek merev szembenállása nem tette lehetővé azt a hatékony koordinációt, melyet a jelenlegi programozott termelésirányítási gyakorlat már megvalósított azzal, hogy egyidejűleg mérlegeli:

- a termőhely ökológiai adottságait,
- a természeti erőforrásokat,
- a szállítási távolságokat,
- a termelőhelyek és a feldolgozó belső munkaszervezésének lehetőségeit,
- a betakarító és feldolgozó kapacitások rendelkezésre állását.

Mindezek eredményeként — a kifejlesztett rendszer-programok operatív alkalmazásával — növekedtek az átlagtermések is. *Az átlagtermés növekedését ugyan nem lehet kizárólag a termeltetési rendszer operatív alkalmazásának eredményeként feltüntetni*, ugyanakkor hatásukat cáfolni sem lehet azzal, hogy a kedvező változás kizárólag a korszerű agrotechnika eredménye.

Valószínűsíthető, hogy a gyár hatáskörzetében létrejött zöldborsó termésátlag növekedésének legalább 50%-a a rendszer-programok alkalmazásának, illetve az ezzel együtt járó szemléletbeli változásnak tudható be. Egy szóval, a magasabb szintű termelési rendszer ösztönzőleg hatott a fejlettebb technológiák alkalmazására is, sőt a *szereződéskötések irányításával a zöldborsó a korábbiaknál optimálisabb termőhelyre került*. Ennek hatása pedig a terméseredményekben nem vitatható.

Jelentős (ám nem számszerűsíthető) eredménynek tudható be az a tény, hogy a termeltető és termelő között korábban fennállt magasfokú és állandósult feszültség (zöldborsó és paradicsom vonatkozásában) feloldása következtében

nem csökkent tovább a termelési kedv, noha más szánté földi kultúrák termesztésének eredményessége is indokolná e két konzervipari növény háttérbe szorítását.

A programok alkalmazásával ma már elérhető, hogy a gyártmeltetési körzetében

- az adott partnergazdaságokban a tényleges talajtan adottságokat (elővetemény, talajszerkezet, vízkészlet stb.) *legkedvezőbben hasznosítható fajták* kerüljenek a termeltetés szerkezetébe,
- a *vetést* (palántázást) a fajta szempontjából *legkedvezőbb időjárási és agrometeorológiai viszonyok idejé* (talajhőmérséklet, talajnedvességtartalom, léghőmérséklet stb.) végezzék a gazdaságok,
- sőt, ahogy növekszik annak lehetősége, hogy a *biológia, folyamatok szabályozásába is beavatkozhat* a természet (pl. érésgyorsító, érésgátló, virágzaskésleltető stb. vegyi anyagok), és így még inkább szerephez juthatnak a számítógépes termeltetésirányítási rendszer-programok.

Az agrotechnikában bekövetkezett korszerűsítés, a hatékonyabb növényvédelem, a mezőgazdaság új alapokra helyezett eszközbázisa és a *rendszer-programok működtetéséhez felhasznált széleskörű információ* együttes és kedvező hatása az *átlagtermés növekedésére nyilvánvaló* akkor is, ha jelenleg még nem állnak rendelkezésre pontos (egzakt) számadatok, amelyek lehetővé tennék a hatások százalékos szerinti szétválasztását.

A jövőben mindenképpen végezni kell olyan közgazdasági vizsgálatokat, amelyek a fenti típusú ráfordítás (haszon számszerűség) megállapítására adnak majd módszereket. A rendszer-programok működtetésének előfeltétele egy olyan hálózat, amely a meteorológiai és agrometeorológiai adatokon felül a fenológiai és fenometria méréseket is elvégzi. A hálózat jelentős része a partnergazdaságok területén működik, és sok esetben az észleléseket, méréseket végző szakemberek is állományukba tartoznak. Így módjuk nyílik arra, hogy a területükön mért adatokat gazdasági tevékenységük szervezése során *több célúan hasznosítsák*. Ezt meg is teszik, hiszen több mezőgazdasági üzem a téli hónapokban is tovább folytatja az agrometeorológiai megfigyeléseket, illetve a csapadékméréseket. Ez a sokoldalú információhasznosítás is nehezen számszerűsíthető, de mindenképpen a mezőgazdasági partner eredményességét növeli.

A rendszer-programok közül — mint már korábban említettük — a gyakorlati bevezetés hatásának értékelése a zöldborsó esetén a legmegalapozottabb, minthogy a kidolgozott programcsomagot a Nyíregyházi Konzervgyár több éven át alkalmazta. További lehetőségeket biztosított az alkalmazás eredményének számszerűsítéséhez az a tény, hogy a zöldborsóra kidolgozott eljárást bevezették a miskolci és békéscsabai hűtőipari gyárak termeltetési körzetében is. A kutatás-fejlesztés tárgyát képező többi konzervipari növénynél az alkalmazás küszöbéig jutott el a program. E konzervipari zöldségnövények termeltetésénél alkalmazott programcsomagok gazdasági hatékonyságát csak a kutatás-fejlesztés további folytatása során lehet majd a tényekre alapozott számításokkal igazolni.

Rudi Béla
Nyíregyházi Konzervgyár

A SZÁMÍTÓGÉPES TERMELÉSIRÁNYÍTÁS AGROMETEOROLÓGIAI ASPEKTUSAI

A nyersanyagtermelés és feldolgozás összehangolása érdekében az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság 1977-ben kutatási-fejlesztési szerződést kötött a Nyíregyházi Konzervgyárral, egyes konzervipari növények számítógépes termelésirányításának kidolgozására. A gyár az Országos Meteorológiai Szolgálatot bízta meg, hogy koordinátorként szervezze, irányítsa és részben végrehajtsa az előkészítő kutatásokat. Az alapvető cél olyan agrometeorológiai modellek kidolgozása volt, amelyek számítógépes vezérléssel segítik elő a konzervipari növények ésszerű vetését és betakarítását, prognosztizálhatóvá teszik az érés várható időpontját, illetve a várható termésmennyiséget. Ezen számítógépre kidolgozott prognosztikai modellekkel olyan döntési alternatívákhoz jutunk, amelyekből a legoptimálisabak kiválasztása és végrehajtása révén elkerülhetők a gyári feldolgozó kapacitást meghaladó csúcsok, s egyúttal az effektív veszteségek. A négy évre (1977-1980) szóló kutatási-fejlesztési szerződés keretében részben vagy egészben elkészültek a zöldborsó, a zöldbab, a paradicsom, az uborka és a szamóca termeltetésének prognosztikai modelljei. A következő 5 évre (1981-1985) szóló kutatási-fejlesztési munka lényegében az első 4 év folytatása volt. Ennek a periódusnak fő feladata a modellek pontosítása, illetve javítása, tesztelése és a gyakorlatban történő alkalmazása. Jelen pillanatban a számítógépes termelésirányítási rendszert a Nyíregyházi Konzervgyáron kívül már több konzervgyár és hűtőház alkalmazza mind a termelőgazdaságok, mind a feldolgozóipar megalapozására.

A kutatás-fejlesztés legfontosabb része volt az egyes növényekre vonatkoztatott prognosztikai modellek kidolgozása. A modellek kidolgozásánál a következő három legfontosabb elvet követtük:

- az egyes növényekre vonatkozó fenológiai, fenometriai adatsorok és a megfigyelési tájkozatokra vonatkozó talaj és éghajlati adatok egybevetésével a domináns paraméterek meghatározása;
- a paraméterek modellbe foglalása, konkretizálása és ellenőrzése;
- a komplettált modell ellenőrzése, javítása és érzékenységi vizsgálata.

Nem kívánjuk a modellalkotás folyamatát és mechanizmusát részletezni, mert ez meghaladná a tanulmány kereteit. Csúpnak ennek agrometeorológiai vonatkozásait szeretnénk kiemelni.

Az egyes konzervipari növények prognosztikai modelljeihez az ország több éghajlati körzetéből speciális, sokévi adatsorokat kellett előállítanunk, amelyek tartalmazzák a sokévi átlagokat, szélső, valószínűségi és gyakorisági értékeket. Szinte minden növényre más-más adatsorokat kellett összeállítanunk, vagyis megfelelő, számítógéppel könnyen kezelhető adatbankot létrehozunk. Ugyancsak adatbankot kellett a fenológiai és fenometriai adatsorokból előállítanunk. Ezek a meteorológiai és fenológiai-fenometriai adatsorok képezték a prognosztikai modellek alapját. A meteorológiai adatbank általában a következő paraméterek sokévi adatait tartalmazza: léghőmérséklet, maximum-, minimum-, radiációs minimumhőmérséklet talajhőmérséklet, relatív nedvesség és egyéb nedvességi paraméterek, talajnedvesség, csapadék, napfénytartam, globálisugárzás. Csak az alapparamétereket említettük meg, ugyanis az adatbank tartalmazza ezen meteorológiai elemek különböző kombinációját is.

Példaként említjük meg a zöldborsóra vonatkozó prognosztikai modellt, amely két részből áll. Az egyik a tenyészidő, a másik a termésmennyiség várható alakulását becsüli meg. E kettő közül a termésmennyiségre vonatkozó modell:

$$Y = a + bx_2 + cx_6 + dx_7 + ex_8 + fx_{10} + gx_{11},$$

ahol az x változók a meteorológiai paraméterek, illetve azok kombinációi. Az $a, b, \dots, g$ paraméterek értékei a borsófajtáktól (korai, középérésű, kései) függően változnak. Tekintettel arra, hogy a függvénykapcsolatok kísérleti mikroparcellák terméseredményei alapján készültek, a szántóföldi termesztésre vonatkozóan be kellett építeni a függvénybe az üzem módváltozással, a talajjal és a termesztéstechnológiával kapcsolatos tényezőket.

A kutatási-fejlesztési programban szereplő öt növényfaj mindegyikére elkészültek a prognosztikai modellek, mégpedig külön-külön a tenyészidőszak hosszára és a termésmennyiségre.

A modellek számítógépes teszteléséhez, majd operatív futtatásához napi meteorológiai adatokra van szükség, amely adatokat rövid idő alatt a számítógépközpontok rendelkezésére kell bocsátani. Ennek érdekében jól működő és megbízható adatgyűjtő, adatközlő és adatfeldolgozó alrendszerrel kellett kiépíteni az egyes hűtőházak és konzervgyárak hálózataiban.

Az adatgyűjtő alaprendszer kiépítése azt jelentette, hogy részben új meteorológiai állomásokat kellett telepíteni, részben a már meglévőket (OMSZ alapállomások) a programját bővíteni, illetve fejleszteni. A telepítésnél és fejlesztésnél az alábbi szempontokat vettük figyelembe.

1. Azokra a helyekre települjenek az állomások, amelyek a konzervgyárak hatáskörzetébe tartoznak.
 2. El kell érni olyan racionális állomássűrűséget, hogy a szolgáltatott adatok a konzervgyári partnergazdaságok területének meteorológiai viszonyait jól tükrözzék.
 3. A fejlesztés olyan mérvű legyen, hogy a modellekhez bármely szükséges meteorológiai elem rendelkezésre álljon.
 4. A modellekhez szükséges és nagy területi változékonyságú meteorológiai paraméterek (pl. csapadék) megfigyelőhelyeinek nagyobb arányú létesítése történjen meg.
- A konzervgyárak és hűtőházak hatáskörzetében kétféle típusú meteorológiai állomás működik: agrometeorológiai



1. ábra: A hűtőházak és konzervgyárak hatáskörzetében működő meteorológiai állomások

és speciális csapadékmérő. Az agrometeorológiai állomások észlelési programja valamelyest bővített éghajlatmegfigyelő állomási program. A speciális csapadékmérő állomásokon a csapadékon kívül a maximum-, minimum- és radiációs minimum-hőmérsékletet, valamint a talajhőmérsékletet mérik.

A Nyíregyházi Konzervgyár hatáskörzetében 20 meteorológiai állomás működik, ebből 11 az agrometeorológiai és 9 a speciális csapadékmérő állomás. A 20 állomásból 3 agrometeorológiai és 4 speciális csapadékmérő állomás egyben OMSZ alapállomás, vagyis a számítógépes termelésirányítás zavartalan lebonyolítása érdekében Szabolcs-Szatmár megyében 13 meteorológiai állomást kellett telepítenünk.

Az egyes hűtőházak és konzervgyárak hatáskörzetében működő meteorológiai állomásokat az 1. ábra, míg a Nyíregyházi Konzervgyár hatáskörzetét konzervipari növényenként és a meteorológiai állomások elhelyezkedését a 2. ábra mutatja be. A meteorológiai állomások mintegy fele egész évben folytatja az észleléseket, míg a többi csak nyújtott tenyészidőszakban, március 1-től október 31-ig.

A modellek teszteléséhez jól működő fenológiai és fenometria hálózatot is ki kellett építeni. A hálózat szervezésénél a főbb szempontok a következők voltak:

1. A konzervgyárral szerződést kötött partnergazdaságok területeiről gyűjtsék be a növények megfigyelési anyagát.
2. Úgy válasszuk ki a megfigyelőhelyeket, hogy azok a gyár hatáskörzetét kellőképpen lefedjék.
3. A fenológiai és fenometria adatokhoz reprezentatív módon lehessen hozzárendelni a meteorológiai adatokat.
4. Mezőgazdasági szakemberek végezzék a megfigyelést, hogy az adatok helyességéhez kétség ne férjen.

A prognosztikai modellek egy részében a talajnedvesség is szerepel mint változó, ezért megfelelő talajnedvességmérő hálózatot is üzemeltetni kell. A mérőhelyeket úgy jelöltük



2. ábra: A nyírségi körzet

ki, hogy a nyert adatok az egyes növényfajokra és talajfajtákra jellemzők legyenek.

Az adatgyűjtő alaprendszer feladata és programja bizonyos vonatkozásban eltér az országos meteorológiai háttérától; ezért az ott használt útműtatók és formanyomtatványok az igényeket nem elégítették ki. Az agrometeorológiai, speciális csapadékmérő és fenológiai állomások részére egységes elveken alapuló útműtató készült, amely mind az észlelők, mind az állomásszervezők munkáját megkönnyítette. Az adatgyűjtő (megfigyelő) alaprendszer adathalmazának gyors és biztonságos továbbítására, valamint a prognosztikai, a vetés-, betakarítás- és szállításszervezési modellekhez szükséges üzemi és gyári adatbázis forgalmazására adat-továbbító (hírközlő) alaprendszert kellett létrehozni. Ma már URH háló biztosítja a konzervgyár, az irányító szakemberek és a termelő gazdaságok közötti folyamatos információáramlást. Az URH háló elsődleges célja a vetés és betakarítás szervezési feladatainak, tennivalóinak gyors és zavartalan lebonyolítása.

Az adattovábbító rendszer egyik alapvető feladata, hogy a napi meteorológiai adatok minél előbb eljussanak az adatfeldolgozó és ellenőrző központba, és onnan megfelelő adatkezelés után visszakérüljenek a prognosztikai modelleket futtató számítóközpontokba. Az eredeti koncepció, miszerint a meteorológiai adatok forgalmazását az URH és telex rendszer végezze, nem valósulhatott meg. Ugyanis az agrometeorológiai és speciális csapadékmérő állomások helye az esetek többségében a vetés és betakarítás szervezésében illetékes telephelyektől, s így az URH állomásoktól is távol esik. A gyors és megbízható meteorológiai információközlés és -csere megkövetelte, hogy az URH és részben a telex hálózattól független hírközlő rendszert alakítsunk ki. A rendszer működése gyakorlatilag a következő. Az agrometeorológiai és speciális csapadékmérő állomások észlelői az előző napi és részben az aznap reggeli meteorológiai adatokat kódolt formában reggel 8 óráig eljuttatják telefonon vagy személyesen a helyi postahivatalba. A postahivatal „AGMET, OBS METEOR, Budapest” jelű táviratként továbbítja a debreceni postaközponton keresztül a Központi Táviró Hivatalba, ahonnan telex útján jut el a Központi Meteorológiai Intézetbe. Az előző és a részben aznap reggeli észlelési anyag így a délelőtti órákban már a meteorológus szakemberek rendelkezésére áll.

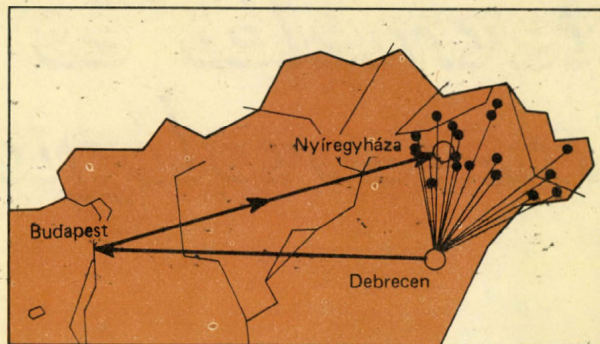
Az agrometeorológiai állomások 10, a speciális csapadékmérő állomások 5 csoportos kódolt táviratot továbbítanak. A távirati kód, amelyet a Központi Meteorológiai Intézet szakemberei készítették, jól bevált, könnyen megtanulható és kezelhető, s az információtartalma a kíváncsúnak megfelelően bővíthető. Az információáramlás útját a 3. ábra mutatja be.

Az adatfeldolgozó alaprendszernek hármas feladatkört kell ellátnia:

1. a napi meteorológiai adatok feldolgozása,
2. a napi meteorológiai adatokból adatbank létesítése,
3. a fenológiai és fenometriai megfigyelési anyag rendszerzése.

A Központi Meteorológiai Intézetbe naponta beérkező kódolt meteorológiai anyagot számítógéppel dekódoljuk, rendszerezük, szelektáljuk és a hibákat javítjuk. E munka után a mindenkor igényeknek megfelelően a prognosztikai

modellek számára átdolgozva a számítóközpontok részére telexen továbbítjuk. A meteorológiai anyag feldolgozása mindig a szóbanforgó konzervipari növény prognosztikai modelljéhez igazodik, és a meteorológiai paramétereket a



3. ábra:
Az információáramlás útja

partnergazdaságok területére, illetve kisebb körzetekre adaptáljuk. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy a számítóközpontok a prognosztikai modellekben szereplő meteorológiai elemeket, illetve elemkombinációkat külön-külön minden termelőüzemre vonatkozóan megkapják. Az adatfeldolgozási és -továbbítási munkafolyamat a számítógép segítségével annyira lerövidült, hogy a konzervgyárak és hűtőházak teljes hatáskörzetéből a napi meteorológiai megfigyelések anyagát a számítóközpontok a déli órákban teljesen feldolgozva megkapják. Az információáramlás a megfigyelőhelytől a felhasználóig így mindössze 4-5 órát vesz igénybe.

A kódolt napi meteorológiai táviratok csak a prognosztikai modellek számára szükséges információt tartalmazzák. A teljes megfigyelési anyag a meteorológiai állomásokról havonta érkezik be a Központi Meteorológiai Intézetbe. A beérkezett és az észlelők által már részben feldolgozott adatok javításra és teljes számítógépes feldolgozásra kerülnek. Az archivált meteorológiai és fenológiai adatok a további vizsgálatokhoz és kutatásokhoz rendelkezésre állnak. Az elmúlt 9 évben végzett kutató-fejlesztő munka eredményeként — mint láttuk — kialakult egy jól működő adatgyűjtő, adatfeldolgozó és adattovábbító rendszer, mely maradéktalanul kiszolgálja a számítógépes termelésirányítást a szükséges meteorológiai információkkal. Adaptálhatóságát a gyakorlat bizonyította, a Hatvani Konzervgyár, a Miskolci Hűtőház és a Békéscsabai Hűtőház körzetében. A téma keretében végzett munkákból kiemelkedő az agrometeorológiai állomáshálózat racionális sűrűségének meghatározása, amely az OMSZ további tevékenységét is érinti.

Dr. Kozma Ferenc



A mezőgazdasági termelés és a meteorológia kapcsolata

A mezőgazdasági termelés a szabad ég alatt történik, ezért mindig csak meghatározott környezeti, köztük meteorológiai viszonyok között végezhető. Ezekhez a viszonyokhoz, területi sajátosságaikhoz, a mezőgazdasági termelésnek alkalmazkodnia kell. Azt mondhatjuk tehát, hogy *a környezeti-meteorológiai viszonyok a mezőgazdasági termelés feltételrendszerét képezik.*

A termeléshez energiára és anyagra van szükség. A mezőgazdasági termelés – a növénytermesztésen keresztül – az energiát és az anyagot is a környezetétől kapja. A szerves anyag termeléséhez szükséges energiát a nap-sugárzás biztosítja, a szerves anyag képzéséhez szükséges szervetlen anyagok, a szén-dioxid és a víz a légkörből kerülnek a növényekhez, de a légzéshez szükséges oxigén vagy a növények tápanyagellátottsága szempontjából nagyon fontos nitrogén is. Emiatt *a légkört a növénytermesztés erőforrásának tekinthetjük.*

A légkör azonban nemcsak természeti feltétele és erőforrása a mezőgazdasági termelésnek, hanem egyes tényezői állandó befolyásuk alatt tartják a termelés tárgyait és folyamatait. Ezek a tényezők folyamatos időbeli változásaikkal hol gyorsabbá, hol lassabbá teszi a növények fejlődését és növekedését, a produktivitásukat pedig egyszer növelik, másszor csökkentik. Így *egyes meteorológiai tényezők egyúttal a mezőgazdasági termelés hatótényezői is.*

A mezőgazdasági termelés sajátossága, hogy a megfelelő időpontban jó magágyba elvetett s gondosan nevelt növények sem biztos hogy termést hoznak,

vagy esetleg hoznak termést, de csak erőteljesen lecsökkentett mennyiségben. Egyes légköri tényezők ugyanis meghatározott intenzitási szintet elérve (fagy, aszály, vihar stb.) a termést teljesen elpusztíthatják vagy nagy mértékben károsíthatják. Ezért *egyes légköri folyamatok a mezőgazdasági termelés káros jelenségei közé sorolhatók.*

A mezőgazdasági termelésnek tehát nélkülözhetetlen feltételrendszere és erőforrása a légkör, amelynek egyes tényezői erősen befolyásolják a termelés eredményességét, a termelés tárgyait és folyamatait károsíthatják, sőt el is pusztíthatják.

A mezőgazdasági termelés növelése és az éghajlat

A Föld lakosságának rohamos növekedésével az a feladat hárul a mezőgazdasági termelésre, hogy az állandóan növekvő létszámú emberiség számára a szükséges élelmet megtermelje. Ennek a feladatnak a megoldásában szinte minden mezőgazdasági termelést folytató ország érdekelt, vagy azért, mert saját lakossága is növekszik, vagy mivel terményei a növekvő kereslet miatt jobban értékesíthetők a piacon, esetleg mindkét ok miatt egyszerre. Az élelmiszertermelés növelése tehát korunk mezőgazdaságának alapvető feladata.

A mezőgazdasági termelés elsősorban két úton növelhető: az egyik a termőterület növelése, a másik az adott területen való hatékonyabb gazdálkodás.

A *termőterület növelése.* Az élelmi-

szertermelés szempontjából az a megoldás látszik a legegyszerűbbnek, hogy mind nagyobb területeket vonjanak be a mezőgazdasági termelésbe. A termőterület növelése azonban napjainkban már csak kevés országban lehetséges, hiszen a legjobb földek mindenütt művelés alatt állnak. Európában kivételként talán Hollandiát lehetne megemlíteni, ahol még a közelmúltban is újabb területeket hódítottak el a tengertől.

Manapság azonban egyre inkább az ellentétes folyamattal kell számolni: a termőterület csökkenésével. A városok, az üdülőtérületek, az ipari létesítmények, a közutak stb. mind nagyobb területeket vonnak el a mezőgazdasági termeléstől. Néha kitűnő minőségű földeket. A vetésterület csökkenését előidézhetik még: a szikesedés, az erózió és egyéb okok is.

A termőterület növelése tehát a termelés növelésének napjainkban már alig járható útja. Ahol erre mégis lehetőség van, ott szükséges a termőterület gondos meteorológiai felmérése, hogy az eredményesség becsülhető legyen.

Az *intenzív gazdálkodás.* A mezőgazdasági termelés növelésének szempontjából járhatóbbnak látszik a másik út: a meglévő vagy esetleg csökkenő területen történő hatékonyabb gazdálkodás. Ezt az utat járták a fejlett mezőgazdasággal rendelkező országok is. Tapasztalataik alapján összefoglalhatók a termés növeléséhez szükséges alapvető lépések.

/1/ Böven termő, az ökológiai viszonyokhoz jól alkalmazkodó, a kedvezőtlen hatásokkal szemben ellenálló fajtákat kell kinemesíteni.

/2/ Növelni kell a talaj termőképessé-

gét a megfelelő talajművelés, a helyes vetésforgók és a korszerű trágyázási eljárások alkalmazásával.

/3/ A növényi betegségek, az állati kártevők és a gyomok ellen a legcélszerűbb eljárások alkalmazásával hatékony védelmet kell nyújtani.

/4/ Az időjárás kedvező hatásainak lehető legnagyobb mérvű kihasználása és kedvezőtlen hatásainak elhárítása útján biztosítani kell a tartósan magas terméshozamok előállítását.

Bár a négy alapvető feltétel közül csak a negyedik kapcsolódik közvetlenül a légkörhöz, nem nehéz észrevenni, hogy a másik három sem valósítható meg a meteorológiai viszonyok figyelembevétele nélkül.

Az agrotechnika és az időjárás hatásának szétválasztása

Az intenzív gazdálkodás viszonyai között az új, bőven termő fajták és a korszerű agrotechnikai eljárások alkalmazásával a terméshozamok fokozatosan növelhetők. Ezt a fokozatos növekedést szemlélteti az 1. táblázat, amely

1. táblázat
A kukorica országos termésátlagának öt éves középértékei

Év	kg/ha
1951 – 1955	2034
1956 – 1960	2341
1961 – 1965	2568
1966 – 1970	3181
1971 – 1975	4036
1976 – 1980	4734
1981 – 1984	5853

a kukorica országos termésátlagainak öt éves középértékeit tartalmazza. A táblázatból jól kivehető az 1951 és 1984 közötti folyamatos termésnövekedés. Mivel az éghajlat vizsgálatát arra a meggyőződésre alapozzuk, hogy 30 év folyamán az éghajlat nem változik, egyes szakemberek ebből azt a következtetést vonták le, hogy az intenzív gazdálkodás viszonyai között a terméshozamok a meteorológiai tényezőktől függetlenül növelhetők.

A szakemberek egy másik csoportjának viszont az a meggyőződése alakult

ki, hogy intenzív gazdálkodás esetén a meteorológiai tényezők terméshozamra gyakorolt hatása megnövekszik. Ezt a megállapítást látszik igazolni a II.

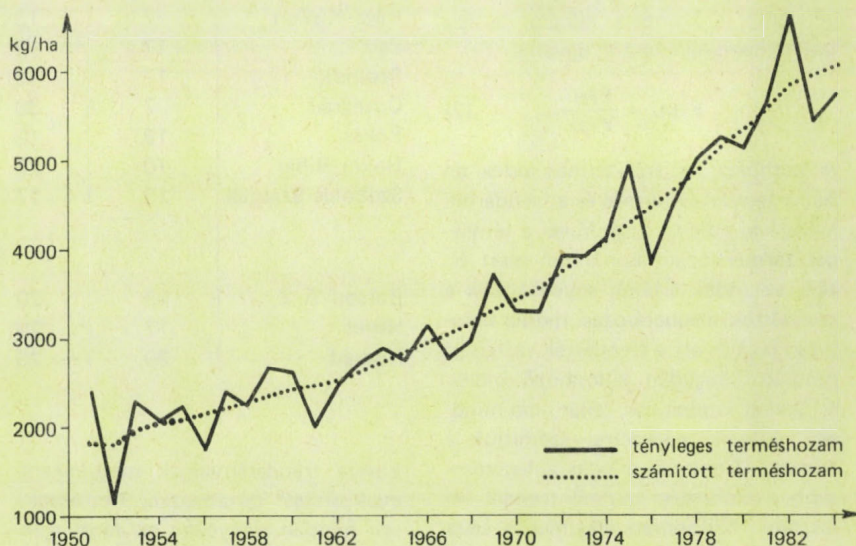
II. táblázat
A kukorica országos termésátlagai

Év	kg/ha	Év	kg/ha
1951	2438	1968	2967
1952	1146	1969	3704
1953	2266	1970	3336
1954	2097	1971	3319
1955	2224	1972	3911
1956	1758	1973	3919
1957	2409	1974	4107
1958	2260	1975	4922
1959	2657	1976	3815
1960	2620	1977	4500
1961	2002	1978	4982
1962	2474	1979	5236
1963	2723	1980	5135
1964	2866	1981	5634
1965	2774	1982	6641
1966	3139	1983	5427
1967	2759	1984	5708

táblázat, amely a kukorica országos termésátlagainak évenkénti adatait tünteti fel az 1951 és 1984 közötti időszakra vonatkozóan. Az adatokból kiolvasható, hogy az utóbbi 10 évben a legalacsonyabb terméshozam 1976-ban volt: 3815 kg/ha értékkel, a legmagasabb pedig 1982-ben: 6641 kg/ha értékkel. A kettő különbsége: 2826

kg/ha, ami az adott agrotechnika mellett az időjárás pozitív és negatív hatásainak eredményeként alakult ki. Ez az érték pedig magasabb, mint az 1964 előtti országos termésátlagok abszolút értékei, sőt magasabb még az 1965-ös és 1967-es országos átlagnál is. Intenzív fajták alkalmazása esetén tehát az időjárás hatására kialakult legalacsonyabb és legmagasabb terméshozamok közötti különbség meghaladhatja a korábbi évek országos átlagait. Azaz most már nagyobb az ingadozás nagysága, mint korábban a terméshozam abszolút értéke.

Ezt a látszólagos ellentmondást – amelyet egyébként tényadatok igazolnak – úgy oldhatjuk fel, hogy a végleges terméshozamot két alapvető hatás eredményének tekintjük. Az egyik: az agrotechnika, a másik: az időjárás. Az 1. ábra ezt mutatja be a már említett időszakban a kukorica termésadataira vonatkozóan. A folytonos vonal a tényleges terméshozamokat, a pontozott vonal pedig a trendfüggvénnyel meghatározott agrotechnikai szintnek megfelelő terméshozamokat jelöli. A tényleges terméshozamoknak az agrotechnikai szint által meghatározott terméshozamoktól való eltérését az időjárás hatásának tulajdonítjuk, mivel ez az egyetlen olyan ismert hatás, amely évről-évre különböző tendenciájú változásokat mutat, s így a tényleges terméshozamoknál is különböző tendenciájú ingadozásokat idézhet elő. Míg a változás alaptendenciáját mindig



1. ábra:
Kukorica országos termésátlagok 1951 – 1984.

az agrotechnikai szint változása (magasabb hozamú fajták, műtrágya, korszerű növényvédő szerek stb.) szabja meg.

A komplex időjárás-termés index meghatározás és elemzése

A szakirodalomban általánosan elterjedt, hogy a nem meteorológiai hatásokat az időbeli trenddel veszik figyelembe. A meteorológiai hatásokat pedig úgy tekintik, mint amelyek meghatározott mennyiséggel növelik vagy csökkentik (additív modellek), vagy meghatározott mértékben növelik vagy csökkentik (multiplikatív modellek) a trendértékeket. A tapasztalat azt mutatja, hogy a trendértékek arányában kifejezett hatások mutatnak nagyobb stabilitást, ezért célszerűbb multiplikatív modellt alkalmazni. Ebben az esetben a tényleges terméshozamot a két alapösszetevővel kifejezve kapjuk, hogy

$$Y(t) = Y(a) \cdot Y(m), \quad (1)$$

ahol $Y(t)$ egy adott évben a tényleges terméshozam, $Y(a)$ a trendérték, azaz az adott agrotechnikai szintnek megfelelő terméshozam, $Y(m)$ pedig a meteorológiai tényezők által meghatározott terméshányad. Ebben az esetben a véletlen hatások az egyes tényezőkben benne foglaltatnak.

Az (1) összefüggés egyszerű lehetőséget kínál a komplex időjárás-termés index meghatározására, ugyanis

$$Y(m) = \frac{Y(t)}{Y(a)}. \quad (2)$$

A komplex időjárás-termés index tehát a tényleges termés és a trendérték arányával adható meg. Mivel a tényleges terméshozam konkrétan mért érték, az index értékét egyedül csak a trendérték meghatározási módja befolyásolja. Emiatt a trendérték számítási módjától függően különböző indexértékeket kaphatunk, tehát nem mindig egy milyen módszerrel számítjuk a trendet. Célszerű mindig a legszorosabb összefüggést mutató trendet választani. Különösen alkalmas e célra a harmónikus súlyozású trend, amely általában jobban hozzásimul a tényleges adatokhoz, mint az egyéb trend-

függvények, ezért a trendarányok is kisebb ingadozást mutatnak.

Az elmondottak miatt a (2) összefüggés számítására a harmónikus trendet használtuk. A kapott trendarányokat 5 osztályba soroltuk. A trendértéket $\pm 5\%$ eltéréssel körülvevő intervallumot tekintjük az agrotechnika adott szintjének megfelelő hozamnak. Az ezzel az intervallummal szomszédos két intervallumba a $\pm 6-15\%$ -os eltéréseket soroltuk, s végül a két szélső intervallum a $\pm 15\%$ -nál nagyobb eltéréseket foglalja magába. Ezeknek az osztályoknak a segítségével meghatároztuk, hogy az egyes trendarány-intervallumok milyen gyakorisággal fordulnak elő. A III. táblázat a ku-

tek, más megyékben pedig az 5-15%-os terméscsökkenések fordulnak elő nagyobb gyakorisággal. A 15%-ot meghaladó terméstöbbletek és terméscsökkenések már ritkábbak. A leggyakoribb terméstöbblettel Zala, Veszprém, Fejér, Baranya, Pest, Borsod és Heves megyék rendelkeznek.

A III. táblázatban szereplő trendarányok gyakorisága alapján gazdasági számítások is végezhetők. A trendarányok ugyanis könnyen átszámíthatók trendkülönbségekre, s ha ismerjük az egyes évekre vonatkozó folyóárakat (A), akkor az időjárás által okozott termésváltozás (dY) forintban kifejezett értéke (FE) is meghatározható:

III. táblázat

A kukorica trendarányok gyakorisági eloszlása

Megye	< 85	85 – 94	95 – 105 %	106 – 115	> 115
Dunántúl					
Győr-Sopron	10	20	40	13	17
Vas	10	20	40	17	13
Zala	13	13	40	27	77
Somogy	7	20	50	17	7
Veszprém	7	17	40	30	7
Komárom	10	20	43	13	13
Fejér	10	13	43	27	7
Tolna	13	13	47	17	10
Baranya	10	20	33	33	3
Alföld					
Bács-Kiskun	7	13	50	23	7
Pest	17	13	30	30	10
Szolnok	17	13	43	13	13
Csongrád	7	30	30	23	10
Békés	13	13	40	23	10
Hajdú-Bihar	10	27	37	17	10
Szabolcs-Szatmár	13	17	37	23	10
Észak-Magyarország					
Borsod-A-Z.	13	20	23	27	17
Heves	17	20	20	27	17
Nógrád	20	23	20	17	20

korica trendarányainak megyénkénti gyakoriságát tartalmazza. Természetesen minden megyében az adott agrotechnikai szintnek megfelelő hozamok a leggyakoribbak. Ezután egyes megyékben az 5-15%-os terméstöbble-

$$FE = dY \cdot A, \quad (3)$$

Ezt a vizsgálatot több növényre elvégezve, s a kapott eredményeket egymással összehasonlítva, a különböző növények termesztésével kapcsolatos

döntéseknél az időjárás bevételnövelő és bevételcsökkentő hatása is figyelembe vehető.

Domináns hatások a vegetációs periódusban

Ismerve az időjárás-termés indexet képet kapunk arról, hogyan érvényesül az időjárás hatása egy adott növényre vonatkozóan. Azt azonban még nem tudjuk, melyek azok a meteorológiai elemek, amelyek e hatások kialakításában a legerőteljesebben részt vesznek. Ezért célszerű elemenként is elvégezni a hatások meghatározását. Mivel általában ismert, hogy hazánkban a kukorica termesztése erősen függ a vegetációs periódus alatti vízellátottságtól, célszerű ezt a hatást számszerű formában is meghatározni.

A vegetációs periódus alatti vízellátottsági viszonyokat a legkézenfekvőbb a talajnedvességi adatok alapján vizsgálni. Amennyiben ezek a rendelkezésünkre állnak, akkor minden további nélkül elemezhetjük a növények által felhasználható vízmennyiség és a terméshozamok közötti kapcsolatot. Amennyiben nem rendelkezünk kellő mennyiségű talajnedvességi adattal, vagy a sok helyen hosszabb idő óta megfigyelt és könnyebben kezelhető meteorológiai adatokat részesítjük előnyben, akkor a legegyszerűbb, ha a vizsgálatához a csapadék és a párolgási adatok valamilyen kombinációjaként előállított komplex értékeket használjuk.

Az egyszerűség kedvéért számítsuk ki a csapadékmennyiség és a párologtatóképesség közötti különbségeket, amelyekkel a potenciális vízellátottság jellemezhető. Ekkor a következő összefüggést kell meghatároznunk:

$$Y(m) = f(P - E_o). \quad (4)$$

Az $Y(m)$ a trendarányok által kifejezett időjárási hatás. A P a vegetációs periódus alatt lehullott csapadékmennyiség, az E_o pedig ugyanezen idő alatt a párologtatóképesség összege. A kettő különbsége a potenciális vízellátottsági index, amelyet a kukorica esetében az április-szeptember időszakra számítottunk ki.

A kukorica trendarányai és a potenciális vízellátottsági index értékei között másodfokú összefüggéseket kapunk, amelyeknek korrelációs indexei két megye (Zala és Tolna) kivételével 0,50 feletti, sőt a megyék közel felében 0,60 feletti (IV. táblázat). Te-

lyet a folyó évi ár értékével (A) megszorozva, a (3) összefüggés segítségével megkaphatjuk a vegetációs periódus vízellátottságának hatását forint értékben ($FÉ$). Így kiszámíthatjuk a szárazság terméscsökkentő hatását is forintban, s ismerve az öntözés össz-

IV. táblázat
Összefüggés a kukorica trendarány és vízellátottság között

	A	B	C	R
Dunántúl				
Győr-Sopron	0.9742	-0.0010	-0.00000231	0.5821
Vas	1.0297	-0.0005	-0.00000223	0.5593
Zala	1.0426	-0.0001	-0.00000136	0.4479
Somogy	1.0496	-0.0003	-0.00000165	0.6493
Veszprém	1.0083	-0.0006	-0.00000178	0.6121
Komárom	1.0166	-0.0005	-0.00000128	0.5823
Fejér	0.9612	-0.0007	-0.00000112	0.6152
Tolna	1.0268	-0.0003	-0.00000940	0.4204
Baranya	0.8905	-0.0013	-0.00000225	0.5787
Alföld				
Bács-Kiskun	0.8978	-0.0010	-0.00000142	0.6354
Pest	0.8987	-0.0011	-0.00000159	0.5811
Szolnok	0.9805	-0.0007	-0.00000137	0.6471
Csongrád	0.8049	-0.0015	-0.00000202	0.7146
Békés	0.6896	-0.0019	-0.00000254	0.5263
Hajdú-Bihar	0.9801	-0.0008	-0.00000152	0.5798
Szabolcs-Szatmár	0.8355	-0.0015	-0.00000240	0.7395
Észak-Magyarország				
Borsod-A-Zemplén	0.8978	-0.0017	-0.00000369	0.6947
Heves	0.8802	-0.0013	-0.00000197	0.5543
Nógrád	1.1080	-0.0007	-0.00000276	0.6843

kintettel a hosszú időszakra, az összefüggések meglepően szorosak, tehát a vízellátottságnak igen nagy szerepe van a termés kialakításában. Az összefüggések formájából pedig következik, hogy mind a viszonylag nedves, mind az erősen száraz vegetációs periódusok kedvezőtlenül befolyásolják a terméshozamokat. Általában a 100 mm alatti és 500 mm feletti vízellátottsági index értékek az agrotechnikai szint alá csökkentik a termést, míg a 200 és 400 mm közötti értékek agrotechnikai szint körüli vagy annál jobb termést eredményeznek.

Mivel ismerjük az agrotechnikai szintnek megfelelő hozamokat (trendértékek), meg tudjuk adni kg/ha értékben is a vízellátottsági index-értékek által előidézett termésváltozást (dY), ame-

lyet a költség, meghatározhatjuk, hogy az öntözés mennyire gazdaságos.

Összefoglalás

A mezőgazdasági termelés erősen időjárás-érzékeny folyamat. Sajnos azonban az e folyamatokkal kapcsolatos mezőgazdasági döntések — még napjainkban is — intuíciónak és a döntést hozók vagy a környezetük tapasztalataira épülnek. Ugyankor a meteorológiai adatokra alapozott objektív módszerekkel előállított információk is rendelkezésre állnak. Ezek közül mutattunk be két egyszerű, de a mezőgazdasági termelés szempontjából fontos információkat szolgáltató módszert.

Dr. Varga-Haszonits Zoltán

A VENUS

METEOROLÓGIÁJA (II. R.)

Felhőzet és üvegházhatás

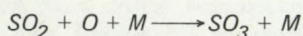
A Venus felhőtakarója iránti érdeklődés hosszú időre nyúlik vissza. A Venus légkörének nagy albedója (0,76) már az optikai megfigyelések idején azt sugallta, hogy a Venust sűrű, összefüggő felhőtakaró borítja. Az optikai megfigyelések azonban nem tudták a ma már részleteiben ismert felhőzet formáit felderíteni.

A Venus felhőzetének szerkezete

A Venus felhőzetének leírásánál ki kell térni a felhők kémiai összetételére, a felhőelemek méreteire, és tanulmányozni kell a függőleges kiterjedésüket. A látható tartományban észlelhető felhőtakaró felső része hasonlóságot mutat a földi légkörben, a felszín közelében kialakuló ködszerű párássággal, vagy a *Junge* által kimutatott sztratoszférikus aeroszol réteggel. A felhőzet ezen része nagyon átlátszó, a felhőoszlop tömege 1 mm kihullható csapadékvízzel ekvivalens.

A felhőzet fő tömege nagyobb optikai vastagsággal rendelkezik, és a megfigyelések szerint a felhőelemek gömbalakúak és sugaruk átlagban 1,05 μm . Az 50 hPa-os felszínen a részecskék koncentrációja 30 cm^{-3} .

A felhők megfigyelt optikai tulajdonságai azzal a feltételezéssel írhatók le legjobban, hogy a felhők kénsav (H_2SO_4) cseppekből állnak. Mind a Venus, mind a Föld légkörében a kénsav molekulák a víz és kén-trioxid (SO_3) reakciója révén jönnek létre. A kén-trioxid pedig a kén-dioxidból áll elő az alábbi módon



A felhők horizontális szerkezetét a bolygóról készült ultraibolya felvéte-

lekkel tanulmányozták. A Mariner-10 űrszonda felvételei voltak ebből a szempontból alapvetők (1. ábra). Több



1. ábra:

A Venus képe 72 000 km távolságból a Mariner 10 alapján

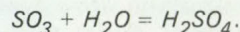
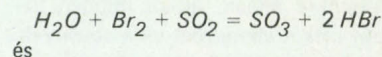
felvétel egybehangzóan bizonyítja a felhőzet „V” alakú elrendeződését. Ezek az alakzatok az Egyenlítőre vonatkozóan szimmetrikusak és nyugat felé mozognak.

A V alak mellett megfigyelhetők Y és Ψ alakú formációk is. Ezek is nyugat felé, a bolygó forgásának az irányába mozognak, jelentős sebességgel. E felhőalakzatok, a V formációkkal együtt, tartósan fennmaradhatnak. A felhők egyes részeinek fényességében különbségek tapasztalhatók. E különbségek oka ma még nem teljesen feltárt jelenség, több lehetséges magyarázatuk is van; megfigyelték például, hogy abban az esetben, ha a hullámhossz 0,36-ról 0,5 μm -re növekszik, a kontraszt 30-as faktorral csökken, az abszorpció azonban csak 7-es faktorral.

A Mariner-10 TV képeinek az analízise azt mutatta, hogy az ultraibolya képekben mutatkozó sötét zónák nem stabilisak. Ezek élettartama néhány

perc vagy néhány óra. Feltehető, hogy ezek anyaga olyan, amely a felsőbb légkörben disszipálódik vagy elpárolog. *Still* szerint ez a jelenség megmagyarázható, ha hidrogén-bromid (HBr) jelenlétét tételezzük fel. 0,25 μm -es ultraibolya sugárzás hatására ugyanis brómsav oldat és gázalakú hidrogén képződik, és ez a folyamat az ultraibolya sugárzás megfelelő elnyelője. A valószínűen kialakuló HBr cseppek a magasabb és szárazabb légköri rétegekben elpárolognak. Ez pedig magyarázata lehet a sötétebb részek instabilitásának.

A HBr jelenlétében gyorsan képződhetnek kénsav felhők, mivel



A Venera 9 és 10 adatai szerint a Venera a H_2SO_4 felhők mintegy 50 km magasságig terjednek ki. A felhők alsó felét konvekció keveri át. *Young* arra a következtetésre jutott, hogy 35 km fölött szulfát aeroszolak is léteznek. Olyan feltevések is vannak, hogy a Venus felhőzete nemcsak kondenzációs termékből áll, hanem fontos alkotó elemei a kisebb por-részecskék is.

A felhőtakaró függőleges tagoltsága

A Venus légkörében a CO_2 elnyelési vonalaival kapcsolatos számítások szerint arra lehet következtetni, hogy a bolygón többszintű felhőzet létezik. A fő felhőzóna felett — *Hunt* szerint — léteznie kell egy aeroszolakból álló rétegnek (50-60 hPa között), és ebben a rétegben a részecskék sugara 1 μm körüli. *Hunt* eredményét *Fukuta* is megerősítette. *Sagan* és *Kellogg* is lehetségesnek tartja, hogy a Venus légkörének magasabb szintjeiben aeroszol réteg létezik.

A sugárzási mérések mellett a Venera 9 és 10 direkt mérési adatokat szolgáltatottak a Venus felhőtakarója függőleges szerkezetére vonatkozóan. Ezek a mérések kimutatták, hogy a Venus felhőzete különböző átlátszósággal rendelkező, átkevert réteg, és felhőtető magassága 50 km körüli. A részecskék koncentrációja 200 cm^{-3} . Nincs kizárva az sem, hogy egy felső felhőréteg alatt, 35-40 km környékén egy második felhőréteg létezik. 35 km alatt a gáznemű légkör a domináns.

A megfigyelt adatokat és az elméleti

rábbi feltevést, hogy a Venus felhőzete 75 %-os oldatú kénsav cseppekből áll. A kén fő forrása a karbonil-szulfid (COS) lehet fotodisszociáció révén, de kén származhat a légkör alacsonyabb rétegeiből, sőt a felszínről is. Az sem kizárt, hogy a Venus légkörében a kén a földi légkör vízzel játszik analóg szerepet és felelős a sugárzás-elnyelésért is.

Megállapították azt is, hogy a felső felhőzet szerkezete nagyon hasonlít a földi Cirrus felhők szerkezetéhez.

Vizsgálták azt a kérdést is, hogy lé-

Az alacsony szintű felhőzet összetételére vonatkozóan nehezebb kijelentésekbe bocsátkozni. Bizonyos az, hogy itt nincs jégkristályokból álló felhőzet, mert ekkor a vízgőztartalomnak jóval meg kellene haladnia a megfigyelt értékeket.

A Venus felhőzetének fontos összetevői lehetnek a higany-vegyületek. Polter analizálta ennek a kérdésnek a helyességét és ezzel próbálta magyarázni a magas albedót. Arra a következtetésre jutott, hogy a higany-cseppek jelenléte nem zárható ki. Feltehető, hogy a magas planetáris albedót a magas szintű felhők Hg_2Cl_2 (higanyklorid) tartalma okozza.

Látható, hogy a Venus felhőtakarójának az összetételére és függőleges szerkezetére vonatkozóan több hipotézis létezik egymás mellett. Ennek az az oka, hogy azonos fizikai paraméterek (elnyelési vonalak, szórási index) több feltételezéssel magyarázhatók. Egyetértés van azonban a tekintetben, hogy a Venus felhőzete legalább kétszintű, hidrogén-fluort, sósavat, kénsav oldatot és higany-kloridot tartalmaz. Egyes feltételezések szerint szén-szuboxid (C_3O_2), NaCl és ammónium-klorid (NH_4Cl) is előfordulhat a Venus felhőzetében.

Az üvegházhatás

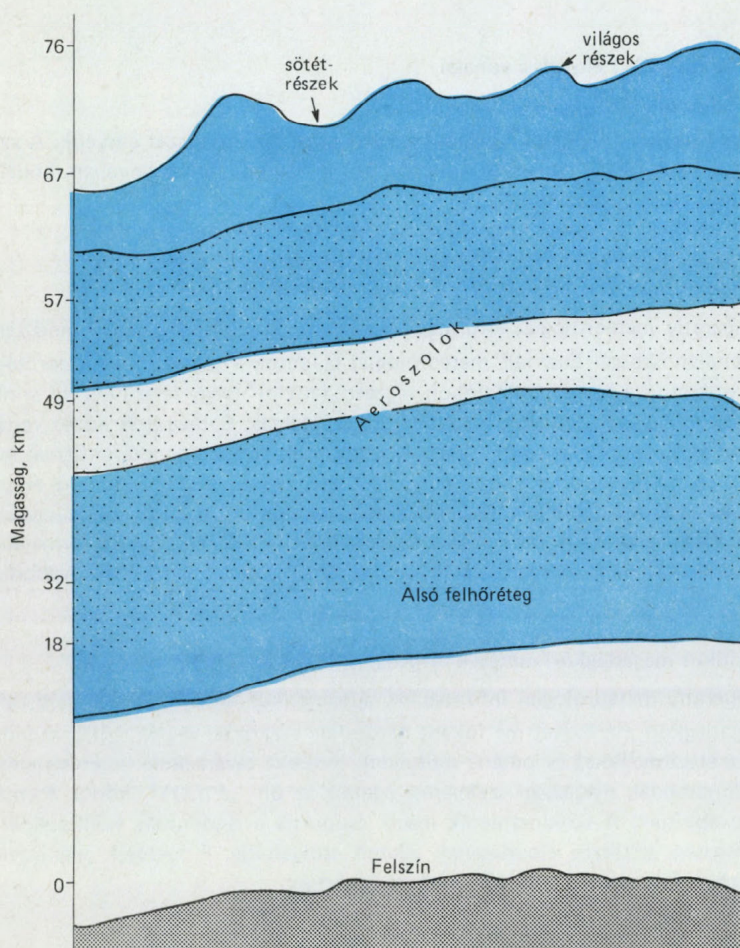
Természetesnek tűnik, hogy a Venus magas felszíni hőmérséklete a nagy felhővel való borítottság miatt fellépő üvegházhatás következménye.

Hunten és Goody szerint a T_s felszíni hőmérséklet a

$$T_s = \sqrt[4]{\frac{F_\infty (2 + 3/2 \tau_\infty)}{2 \sigma}}$$

formulával oldható meg, ahol F_∞ a kifelé irányuló termális emisszió, σ a Stefan-Boltzmann féle állandó, τ_∞ a légkör optikai mélysége. Ha 76 %-os albedót tételezünk fel $F_\infty = 1,6 \text{ erg/cm}^2$ értéket kapunk. $\tau_\infty = 60$ esetén $T_s = 600 \text{ K}$ adódik, $\tau_\infty = 113$ érték mellett pedig $T_s = 700 \text{ K}$ lesz. Ezek a τ_∞ értékek nagyon reálisak, és ezzel teljesen elfogadható a tetemes üvegházhatás ténye is.

Mivel a Venus effektív hőmérséklete



2. ábra: A Venus felhőzetének függőleges felépítése

munkákat összegezve Ksanfomaliti és munkatársai a 2. ábrán látható sematikus képet javasolják elfogadni. Ez az összefoglalás több-szintű felhőzet fellépését fogadja el, és a két fő felhőréteget aeroszol részecskék járnak át. Az alsó felhőréteg 20 km-től 49-50 km-ig terjed. A második réteg felső határa pedig 75 km körül van. Pollak és munkatársainak spektrometrikus mérései megerősítették azt a ko-

tezis-e jég a Venus felhőzetében. Az erre vonatkozó eredmények azonban nagyon ellentmondóak. Halo jelenségek ugyanis arra mutatnak, hogy létezhetnek hexagonális kristályok a Venus felhőzetének felső részén, és spektroszkopikus adatok alapján Rea arra a következtetésre jutott, hogy a Venus felső légkörében víz, sósav (HCl) és fluor-hidrogén (HF) a lehetséges felhőkomponensek.

237 K és a reális hőmérséklet a felszínen 700 K körüli, ez azt jelenti, hogy az üvegházhatás 450-500 K-t jelent a Venus esetén. (Ez az érték a Földön 35 fok.)

A belső hőre vonatkozó számítások azt mutatják, hogy ez a Venuson nem játszik jelentős szerepet. *Judging* szerint ugyanis a Venus felszínén a szilárd kéreg legalább 10 km vastagságú. A maximális hőfluxus pedig $6 \cdot 10^{-6}$ cal/cm²s értékű lehet (a Földön $1 \cdot 10^{-6}$ cal/cm²s). Ez az érték az üvegházhatás nélkül nem magyarázza meg a magas felszíni hőmérsékletet. Az üvegházhatásnak nagy szerepe van a Venus légkörének a fejlődése szempontjából. Az üvegházhatásnak köszönhető például, hogy az eredetileg a felszínt borító óceán eltűnt a Venuson. A hipotetikus óceán ugyanis elpárolgott a Venuson, és olyan magasra emelte az üvegházhatást, hogy a felszínen már nem tudott folyékony víz létezni. Az üvegházhatás ilyen felerősödése magyarázhatja meg a földi és a venusi légkör annyira eltérő sajátosságait. A légkörből a víz fotodisszociáció révén tűnt el.

Lacis adatai szerint a Venuson a beeső sugárzás 0,1-1 %-a éri el a felszínt. A sugárzás nagy része tehát a légkörben nyelődik el, a felhőkben és az aeroszolokon. Ez is az üvegházhatást erősíti. Az elméleti vizsgálatok fényesen igazolják az üvegházhatás tényét, mégis azt mondhatjuk, hogy ezt még nem igazolták. A kérdés eldöntésében szükséges volna a lefelé és felfelé irányuló sugárzási áram mérése.

Hunten és *Goody* azt tartja, hogy ezen a téren három tényező részletesebb vizsgálatára van szükség:

- a) bizonyítani kell a légkör extrémén nagy optikai mélységének a tényét;
- b) meg kell vizsgálni a szabad és a kikényszerített konvekció nagyságrendjét;
- c) felül kell vizsgálni a turbulens és a nagyskálájú légköri cirkulációra vonatkozó feltételezéseket.

Ezeknek a kérdéseknek a tisztázása részben elméleti megfontolásokat, részben pedig további űrszonda felvételeket igényel.

Az üvegházhatás és egyéb tényezők cirkulációkat generálnak a Venus légkörében, következő tanulmányunkban ezek leírására kerül sor.

Dr. Rákóczi Ferenc

KISLEXIKON

Folytatás a 8. oldalról

Párolgatóképesség

(A mezőgazdasági termelés és a meteorológia kapcsolata)

A levegő párolgatóképessége azt fejezi ki, hogy adott légköri viszonyok mellett a szabad vízfelszínről mennyi víz képes elpárologni. (Azonos értelmű fogalmak: potenciális párolgás, potenciális evapotranspiráció.)

Szén-dioxid (CO₂) elnyelési vonalai

(A Venus meteorológiája II.)

A légkör(ök) alkotóelemei a Napból érkező sugárzás egy részét elnyelik. A szén-dioxid a napsugárzás nagyobb hullámhosszú infravörös tartományában rendelkezik jelentős elnyelési sávokkal.

Szinoptikus felszíni megfigyelések táviratai (SYNOP és SHIP táviratok)

(Az operatív meteorológiai információk automatikus ellenőrzésének módszerei)

A legáltalánosabban használt meteorológiai táviratok a szárazföldi meteorológiai állomásokon és a tengerjáró hajókon végzett „felszíni” (vagy felszínközeli) szinoptikus megfigyelések azonnali továbbítására szolgálnak. E táviratok közös vonása, hogy ötjegyű számcsoporthoz állnak. Kivételt csak az észlelés időpontjának megadására szolgáló csoport képez, amely négy számjegyből áll. A szárazföldi állomások és a tengerjáró hajók jelentései bizonyos szempontból különböznek egymástól. A szárazföldi állomások szinoptikus jelentéseit az ún. „SYNOP” kód formájában, a tengerjáró hajók jelentéseit pedig az ún. „SHIP” kód formájában továbbítják.

Szinoptikus magaslégtörli mérések táviratai (PILOT és TEMP táviratok)

(Az operatív meteorológiai információk automatikus ellenőrzésének módszerei)

A magaslégtörli méréseket ma főként háromféle eszközzel végzik: ballonszondákkal, rakétaszondákkal és poláris műholdak indirekt távérzékelő berendezéseivel. A ballonszondák magassági szélmérési adatait az ún. „PILOT” kódok formájában továbbítják. A ballonszondák másik csoportja a légnyomás, hőmérséklet és légnedvesség vertikális eloszlásának adatait szolgáltatja. E mérések jelentéseit a szárazföldi állomások a „TEMP” kód szerint adják.

Szukkesszív

(Az operatív meteorológiai információk automatikus ellenőrzésének módszerei)

Időben egymásra következő.

Üvegházhatás

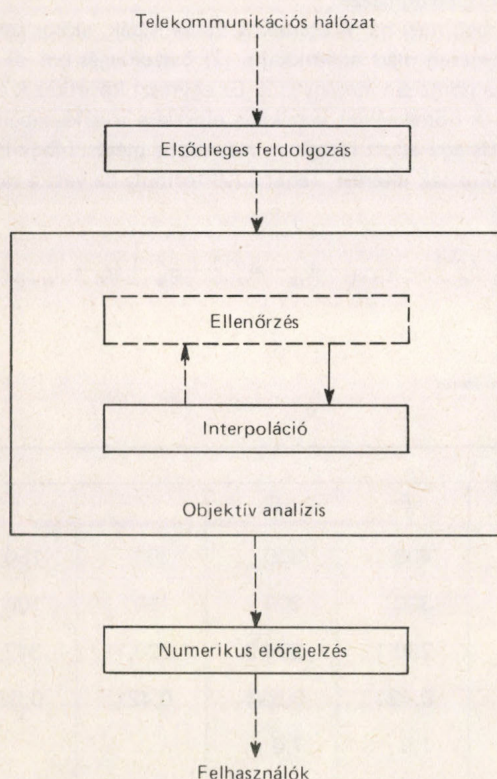
(A Venus meteorológiája II.)

A légkör alsó rétege erősebben felmelegszik annak következtében, hogy a napsugárzás relatíve rövid hullámhosszú része jelentősebb elnyelődés nélkül hatol át a légkörön és csak a felszínen nyelődik el; ugyanakkor a hosszúhullámú kisugárzást lényegesen nagyobb mértékben nyeli el a légkör.

Schirokné Kriston Ilona

AZ OPERATÍV METEOROLÓGIAI INFORMÁCIÓK AUTOMATIKUS ELLENŐRZÉSÉNEK MÓDSZEREI

Előző két írásunkban (Légkör, 1979. 3. és 1981. 2.) megkíséreltünk átfogó képet adni azokról az *adattfeldolgozási módszerekről*, amelyek az operatív *numerikus* prognosztikai tevékenység nemzetközi gyakorlatát jellemzik. Az optimális interpoláció módszerének tárgyalásakor említettük, hogy az *objektív analízis* végrehajtása során az interpolációs feladatot megelőzően a telekommunikációs csatornákon beérkezett és elsődlegesen feldolgozott információt (ez a *hagyományos* numerikus prognosztikában gyakorlatilag a TEMP és SYNOP /SHIP/ táviratokat jelentette) *ellenőrzésnek* kell alávetni. Az ellenőrzésnek az adattfeldolgozás algoritmusában elfoglalt helyét az 1. ábrán mu-



1. ábra:

Az ellenőrzés helye az adattfeldolgozás algoritmusában

tatjuk be. Mostani cikkünkben azokat az ellenőrzési eljárásokat tekintjük át, amelyeket a numerikus prognosztikában felhasznált információra feltétlenül alkalmaznunk kell.

Alapvető tény, hogy a meteorológiai megfigyelések minden adata — így az időjárás analízisében és előrejelzésében felhasználásra kerülők is — valamilyen *véletlen* hibával terheltek (most nem foglalkozunk az ún. *szisztematikus hibák* kimutatásával). Ezeket a hibákat célszerű két csoportba osztani. Az első kategóriába azok a hibák tartoznak, melyek minden mérés velejárói a mérési és előzetes feldolgozási folyamat természetes pontatlanságai következtében. Ezek a hibák sem abszolút értékben, sem relatív hibaként nem nagy értékűek, és figyelembevételük a hibák statisztikai szerkezetének tanulmányozása révén könnyen megoldható. A hibák másik osztályát az ún. *durva hibák* alkotják, amelyek a mérési eszközök komoly meghibásodásakor, valamint az adattovábbítás zavarai esetén lépnek föl. Ezek a hibák abszolút értékben már jelentősek, viszont ritkábban fordulnak elő. Ugyanakkor éppen ezek azok a hibák, amelyek jelentősen eltorzíthatják a numerikus analízis vagy előrejelzés eredményét. Ezen káros következmények megelőzése érdekében kell az ilyen hibákra vonatkozó ellenőrzésnek alávetni a feldolgozandó meteorológiai információt. A tapasztalatok szerint a meteorológiai jelentések 5-10 %-a tartalmaz durva hibát.

Hosszú ideig az előrejelzésben felhasznált információk ellenőrzését manuálisan, szubjektív módon végezték. Jelenleg, az elektronikus számítógépek elterjedése adta lehetőségekkel élve, célszerű az ellenőrzés folyamatát automatizálni. Emellett szól a telekommunikációs hálózatban közreadott és vett információ hatalmas mennyisége, valamint a képzett munkaerővel és annak idejével való takarékoskodás szempontja is. Ugyanakkor az ellenőrzési algoritmusokat úgy kell kialakítani, hogy — általában a különösen bonyolult és kétséges esetekben — lehetőség legyen a szinoptikus beavatkozására döntéshozatali céllal.

A meteorológiai információk ellenőrzését azok *redundanciája* teszi lehetővé. (A redundancia lényegében azt jelenti, hogy több információnk van az óhatatlanul szükségesnél.) A redundancia mind a kódolási, mind pedig a meteorológiai

szinten jelentkeznek. A kódolási redundancia egyrészt lehetővé teszi magának a kódolás hibáinak a felismerését, másrészt az adattovábbítás során bekövetkezett torzulások egy részének felderítésére ad lehetőséget. A vizsgálat ebben az esetben a beérkezett meteorológiai távirat formájának az érvényben lévő kódleírások által megszabott formulával történő összehasonlításból áll, és így *formai ellenőrzést* jelent. Az alábbiakban a formai ellenőrzés végrehajtásának kérdéseire nem térünk ki.

A meteorológiai redundanciát azok a törvényszerűségek jelentik, amelyeknek – bizonyos pontossággal – a meteorológiai elemeknek eleget kell tenniük. Ezek a törvényszerűségek érvényesek egyetlen meteorológiai elem értékeinek eloszlásaira is, de ennél sokkal fontosabb a meteorológiai elemek közötti kölcsönös kapcsolat. Ebben a felfogásban az egyedi mérések önmagukban való ellenőrzésének lehetőségét az adott értékhatárok közé esés követelménye jelenti. Az adott határok meghatározására mindig a konkrét térség éghajlati adatait kell felhasználni. Hasonló típusú ellenőrzésre ad lehetőséget az ún. ellentmondás-vizsgálat, amikor több meteorológiai elem értéke kerül összevetésre (pl. a harmatpont nem lehet magasabb a hőmérsékletnél, csapadék jelentése esetén nem lehet nulla borultság stb.). Az ellenőrzési módszerek jelentős és leghatékonyabb része a *tér- és időbeli folytonosság* elvére épül. Ez azt a követelményt jelenti, hogy a meteorológiai elem értéke egy bizonyos pontban – egy megadott túrési határon belül – nem térhet el a szomszédos pontokra, illetve időpontokra vonatkozó mérések eredményeiből az adott pontra interpolált értéktől.

Az alábbiakban azokat az általánosan használt eljárásokat fogjuk áttekinteni, amelyek a tér- és időbeli folytonosság elvén alapulnak, és amelyeket elterjedten használnak az aerológiai, a földfelszíni és a szinoptikus észlelési adatok ellenőrzésére.

1. AZ AEROLÓGIAI INFORMÁCIÓK ELLENŐRZÉSÉNEK MÓDSZEREI

Az aerológiai információk ellenőrzését első közelítésben célszerű a *vertikális* és a *horizontális* ellenőrzés fázisaira

szétbontani. Ennek egy fejlettebb változatát képezi az együttes, ún. *háromdimenziós ellenőrzés*, illetve a későbbiekben tárgyalandó *komplex ellenőrzés*, amely több meteorológiai elem értékeinek kölcsönös egybevetésén alapszik.

Az aerológiai információk vertikális ellenőrzése

A geopotenciál adatok ellenőrzésére elterjedten alkalmazzák a *sztatikai ellenőrzés* módszerét. Ha a statika alap-egyenletét a p_n és p_{n+1} szomszédos izobárfelületek által határolt rétegre integráljuk, akkor a relatív geopotenciál barometrikus formulájára jutunk:

$$\Phi_{n+1} - \Phi_n = \frac{R}{9,8} \bar{T} \ln \frac{p_n}{p_{n+1}}, \quad (1)$$

ahol R a levegő gázállandója, Φ_n és Φ_{n+1} a p_n és p_{n+1} szintek magassága geopotenciális méterben, $\bar{T}$ a réteg átlaghőmérséklete az abszolút skálán. Ha ez utóbbit a T_n és T_{n+1} hőmérsékletek számtani közepével becsüljük és a $t = T - T_{00}$ összefüggéssel (itt T_{00} az abszolút skála nullpontja °C-ban) Celsius fokokra térünk át, akkor az alábbi kifejezést kapjuk:

$$\Phi_{n+1} - \Phi_n = A_n^{n+1} + B_n^{n+1} (t_n + t_{n+1}), \quad (2)$$

ahol $A_n^{n+1} = \frac{R T_{00}}{9,8} \ln \frac{p_n}{p_{n+1}}, B_n^{n+1} = \frac{R}{19,6} \ln \frac{p_n}{p_{n+1}}.$

Adott izobárszintek esetére az A_n^{n+1} , B_n^{n+1} konstansok egyszer és mindenkorra kiszámíthatók és könnyen tárolhatók. Ezeket az értékeket az *1. táblázat* harmadik és negyedik sora tartalmazza.

Azonban még ha nincsenek is durva hibák, akkor sem fog ténylegesen mért adatokkal a (2) összefüggés bal- és jobb- oldala pontosan megegyezni. Ez egyrészt következik abból, hogy a hőmérséklet vertikális eloszlása a valóságban nem lineáris egy adott rétegben, másrészt a mérési hibák is mindig okoznak eltérést. Tehát a (2) formula helyett a valóságban a

$$\beta_n^{n+1} = \Phi_{n+1} - \Phi_n - A_n^{n+1} - B_n^{n+1} (t_n + t_{n+1})$$

I. táblázat:
A statikai kontroll paraméterei

Paraméter	n							
	1	2	3	4	5	6	7	8
P_n mbar	1000	850	700	500	400	300	200	150
P_{n+1} mbar	850	700	500	400	300	200	150	100
A_n^{n+1} gp · dkm	130,0	155,2	269,0	178,4	230,1	324,2	230,1	342,2
B_n^{n+1} gp · dkm	0,238	0,284	0,493	0,327	0,421	0,594	0,421	0,594
Δ_n^{n+1} gp · dkm	2,0	2,4	3,5	0,9	1,9	7,0		
Δ_n^{n+1} gp · dkm	0,1	0,1	0,6	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Δ_n^{n+1} gp · dkm	3	3	4	3	4	8	6	6

különbséget kell vizsgálni. A megengedett Δ_n^{n+1} hibát, amelyet a β_n^{n+1} tényleges hiba nem haladhat meg, empirikusan és elméletileg egyaránt lehet becsülni.

A hőmérsékletnek a p_n és p_{n+1} szintek között a lineáris profiltól való eltérése által okozott hiba a *Gandin* és *Kagan* által javasolt átlagos négyzetes hiba-kifejezéssel becsülhető:

$$E_1^2 = \frac{\sigma^2}{2} \left\{ 1 + \eta^2 - \frac{1}{\ln^2 q} [4 - (2 - \ln q)^2 q] \right\}, \quad (3)$$

ahol σ^2 a hőmérséklet átlagos szórásnégyzete, η^2 a megfigyelés hibájának (statisztikai) mértéke, q a t_n és t_{n+1} hőmérsékletek közötti korreláció. Ennek megfelelően az (1) formula átlagos négyzetes hibája:

$$E_2 = 2\beta_n^{n+1} E_1. \quad (4)$$

A maximális Δ_n^{n+1} hibát E_2 -nek 2,5 szerezése szokás választani. Ezek az értékek az 1. táblázat ötödik sorában találhatóak. A hatodik sor azon értékeket tartalmazza, amelyeknél a geopotenciál kerekítése által okozott hibákat is figyelembe vettük. A hetedik sor az empirikusan meghatározott megengedett hibákat mutatja be. Látható, hogy az elméletileg és empirikusan meghatározott megengedett hibák közel esnek egymáshoz.

Abban az esetben, ha a β_n^{n+1} hiba meghaladja a megengedett hiba értékét, akkor a Φ_n , Φ_{n+1} , t_n és t_{n+1} mennyiségek legalább egyike hibás. Bizonyos kiegészítő feltételek mellett a sztatikai módszer lehetőséget ad a hiba további lokalizálásához. Ehhez a β hibára vonatkozó összefüggést írjuk fel két szomszédos rétegre:

$$\begin{aligned} \beta_{k-1}^k &= \Phi_k - \Phi_{k-1} - A_{k-1}^k - B_{k-1}^k (t_{k-1} + t_k), \\ \beta_k^{k+1} &= \Phi_{k+1} - \Phi_k - A_k^{k+1} - B_k^{k+1} (t_k + t_{k+1}). \end{aligned} \quad (5)$$

(5)-ből azonnal látható, hogy a Φ_k magasság h_k hibája a p_k szinten, hibát okoz az ehhez a szinthez simuló két rétegben. Ezek a hibák ellenkező előjelűek és egyenlő nagyságúak:

$$\beta_{k-1}^k = -\beta_k^{k+1} = h_k$$

és megfordítva: ha a β_{k-1}^k és β_k^{k+1} hibák a szomszédos rétegek esetében a megengedett hibát ellenkező előjellel és közel egyenlő abszolút értékben haladják meg, akkor nagy biztonsággal igaz, hogy a Φ_k érték hibás. A két hiba közelségére célszerű a

$$-2 < \frac{\beta_{k-1}^k}{\beta_k^{k+1}} < -\frac{1}{2} \quad (6)$$

feltételt elfogadni és h_k -t a

$$h_k = \frac{1}{2} (\beta_{k-1}^k - \beta_k^{k+1})$$

kifejezéssel becsülni. h_k értékének felhasználásával egyúttal a hibásnak talált Φ_k érték is javítható.

(5)-ből az is látható, hogy a t_k hőmérséklet ϑ_k hibája szintén hibához vezet az (5) egyenletrendszer mindegyik egyenletében, de ebben az esetben a hibák azonos előjelű-

ek és a B együtthatókkal arányosak:

$$\beta_{k-1}^k = -B_{k-1}^k \vartheta_k, \quad \beta_k^{k+1} = -B_k^{k+1} \vartheta_k.$$

Ezért az

$$\frac{1}{2} < \frac{\beta_{k-1}^k}{B_{k-1}^k} + \frac{\beta_k^{k+1}}{B_k^{k+1}} < 2 \quad (7)$$

feltétel teljesülése esetén ϑ_k a

$$\vartheta_k = -\frac{1}{2} \frac{\beta_{k-1}^k}{B_{k-1}^k} + \frac{\beta_k^{k+1}}{B_k^{k+1}}$$

összefüggéssel becsülhető, majd elvégezhető t_k kijavítása. Ha pedig β_{k-1}^k és β_k^{k+1} mindegyike meghaladja a megengedett hibát, de (6) és (7) egyike sem teljesül, akkor Φ_k és t_k mindegyike hibásnak tekinthető. Ebben az esetben a helyes értékek az (5) egyenletrendszer Φ_k és t_k -ra vonatkozó megoldásával becsülhetők.

Aerológiai adatok vertikális ellenőrzésére felhasználhatók a statisztikai ellenőrzés módszerei is. Ebben az esetben az értékek ellenőrzéséhez a két szomszédos érték optimális interpolációjával származtatott mennyiség kerül felhasználásra. A statisztikus ellenőrzés módszerei különösen az aszinoptikus információk ellenőrzésére használhatók előnyösen.

Az aerológiai információk horizontális ellenőrzése

A meteorológiai elemek folytonosságának hipotézise alapján ellenőrizhető a meteorológiai elemek horizontális eloszlásának konzisztenciája. Ez azt jelenti, hogy egy meghatározott izobárszinthez tartozó és adott pontra vonatkozó elemérték ellenőrzését az ugyanezen izobárszinthez tartozó, de szomszédos pontokra vonatkozó elemértékeknek az adott pontra interpolált értékével történő összehasonlítás képezi. Ha ez az eltérés egy bizonyos küszöbértéket meghalad, az adott pontbeli értéket hibásnak kell tekinteni. A fentiekben vázolt „vissza-interpolálás” műveletéhez az objektív analízisben különben is alkalmazandó optimális interpoláció módszerét célszerű felhasználni. Az f interpolálandó meteorológiai elem (pl. a geopotenciál, a hőmérséklet stb.) r_o pontban felvett f_o értéke az

$$f_o = \bar{f}_o + \sigma_o \sum_{i=1}^n p_i \frac{f_i - \bar{f}_i}{\sigma_i} \quad (8)$$

alakban állítható elő, ahol a fölülvonás az átlagolás jele, σ_i a mező változékonysága (szórása) a megfelelő pontokban, p_i az interpolációs súlyokat jelöli. Az — ismeretlen — optimális interpolációs súlyok a

$$\sum_{j=1}^n p_j \mu_{ij} + \eta^2 p_2 = \mu_{oi} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (9)$$

lineáris egyenletrendszer megoldásával nyerhetők, ahol μ_{ij} , illetve μ_{oi} a megfelelő autokorrelációs együtthatókat jelentik: $\mu_{ij} = \mu(|r_i - r_j|)$, η^2 pedig a megfigyelési hibák mértéke. Aerológiai adatok esetén az $\eta^2 = 0,02$ értéket

szokásos alkalmazni.
Az interpoláció minőségét az

$$\epsilon^2 = 1 - \sum_{i=1}^n p_i \mu_{oi} \quad (10)$$

hiba-kifejezéssel lehet becsülni (itt mindig $0 \leq \epsilon^2 \leq 1$), illetve az interpoláció átlagos négyzetes hibáját az

$$E = \epsilon \sigma$$

összefüggés adja meg.

Geopotenciál értékek horizontális ellenőrzése esetén speciális numerikus kísérletek tapasztalatai szerint azt célszerű megkövetelni, hogy a mért és a vissza-interpolált értékek eltérése a $4E$ mennyiséget ne haladja meg.

2. AEROLÓGIAI INFORMÁCIÓK KOMPLEX ELLENŐRZÉSE

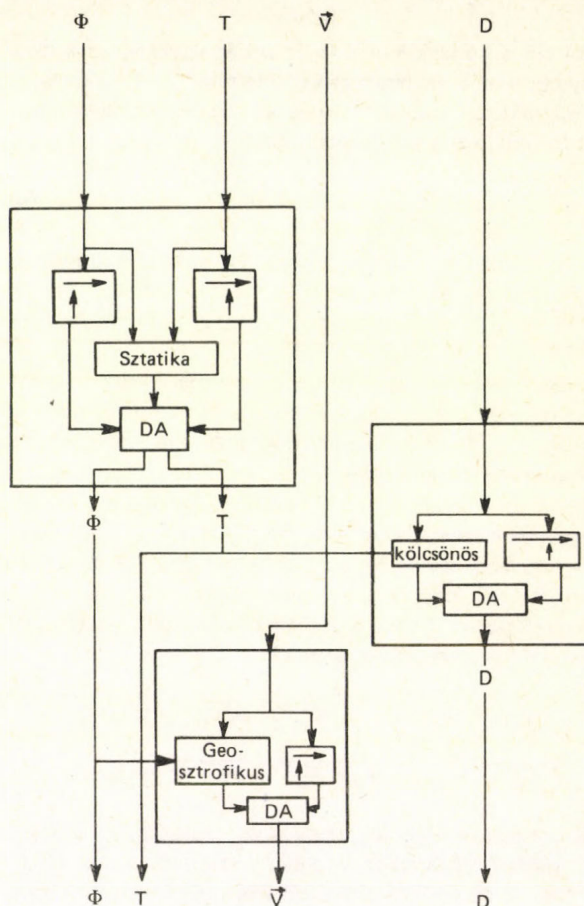
Az aerológiai adatok sokféle ellenőrzési lehetősége egyúttal módot nyújt arra is, hogy a kétséges információ földértézésére, lokalizálására és a hiba okának tisztázására, valamint a hiba lehetőség szerinti kijavítására olyan *döntéshozó algoritmust* lehessen kidolgozni, amelynek határfoka jelentősen meghaladja az egyes ellenőrzési eljárásokét.

A komplex ellenőrzés legegyszerűbb típusa a horizontális és vertikális ellenőrzés eredményei alapján történő döntéshozatalból áll. Az ilyen típusú megközelítés elsősorban a hibák lokalizálása esetén eredményes, mivel a horizontális ellenőrzés esetén az interpoláció végrehajtásakor a hibás adat annyiszor hat, ahányszor az interpoláció során felhasználásra kerül. Ezért a horizontális ellenőrzés során csupán a hibás szintet (ahol a hiba jelentkezik) lehetséges felderíteni. Analóg a helyzet a vertikális ellenőrzés során, amikor csupán a hibás adatot szolgáltató állomást lehetséges lokalizálni, míg a hibás szintet nem. Ugyanakkor nyilvánvaló, hogy a két ellenőrzési eljárás együttes alkalmazása éppen az egyértelmű hibalokalizálást teszi lehetővé, hacsak nincs még egy (vagy több) hiba a szomszédos szinteken, illetve állomásokon.

A horizontális és vertikális ellenőrzés hibái értékének ismerete alapján lehetőségessé válik a hiba mértékének a becslése. Ha a kétséges pontban a kétféle ellenőrzési eljárás alkalmazása után a kapott hibák erősen eltérnek egymástól vagy például ellentétes előjelűek, akkor nem valószínű, hogy az információ ebben a pontban hibás. Ha pedig a hibák közeli értékűek, akkor segítségükkel — átlagban — pontosabban becsülhető a hiba, mint csak az egyik érték alapján. Átlagos hibaként ekkor a két hiba számtani közepét vagy súlyozott átlagát célszerű választani. Végül a horizontális és vertikális ellenőrzés együttes alkalmazása lehetőséget ad a megengedett hibák mértékének csökkentésére, azaz az ellenőrzés érzékenységének növelésére.

A 2. ábra négy meteorológiai elem (a geopotenciál, a hőmérséklet, a szél és a nedvesség) komplex ellenőrzésének algoritmusát mutatja be. A séma három nagy blokkból áll, amelyek közül az első a geopotenciál öt-komponensű ellenőrzését mutatja be. (Az ábrán a horizontális nyilak a hori-

zontális, a vertikális nyilak a vertikális statisztikai ellenőrzést, DA pedig a döntési algoritmust szimbolizálják.) Először ennek a rész-algoritmusnak a végrehajtását kell elvégezni, mivel a geopotenciál adatok a szél, a hőmérsékleti adatok pedig a nedvesség ellenőrzésénél kerülnek felhasználásra. A következő két blokk egymástól független, ezért tetszőleges sorrendben végrehajtható.



2. ábra:

Aerológiai adatok komplex ellenőrzésének algoritmus
(A horizontális nyilak a horizontális, a vertikálisak a vertikális ellenőrzést jelentik; DA — a döntési algoritmus jele.)

Végezetül meg kell jegyezni, hogy a szél és a nedvesség ellenőrzésének módszerei még a kidolgozás kezdeti fázisában vannak, bár a feladat rendkívül aktuális, mivel pl. a felhőzet és a csapadék sikeres előrejelzése erősen függ a nedvességi mező előállításának pontosságától.

3. FÖLDFELSZINI METEOROLÓGIAI MÉRÉSEK MINŐSÉGÉNEK ELLENŐRZÉSE

A földfelszíni információk (konkrétan a SYNOP és SHIP jelentések) ellenőrzésének metodikája elviekben nem tér el lényegesen az előzőekben az aerológiai adatok esetére tárgyaltakétól, ugyanakkor az észlelő hálózat jellegzetességei

miatt néhány specifikummal is rendelkezik. Az alábbiakban — tételesen — ezekre szeretnénk rámutatni.

- A belső konzisztencia ellenőrzése: a földfelszíni megfigyelésekből összeállított táviratok esetén gyakori hiba információs csoportok elhagyása vagy összekeverése. Mivel az üzenet-formátumok nem tartalmaznak kontroll számjegyeket, ezért az ilyen típusú hibák automatikus felderítése a jelentések dekódolásával közvetlenül nem lehetséges. Azonban ezek a hibák logikai vagy fizikai inkonzisztenciaként a dekódolt jelentésekben megjelennek, ezért felderítésük és lokalizálásuk logikai és fizikai konzisztencia-algoritmusokkal megoldható.
- Az időbeli konzisztencia ellenőrzése: a földfelszíni jelenségek időbeli gyakorisága lehetővé teszi az egyes meteorológiai elemek *időbeli* változásának ellenőrzését. Különösen vonatkozik ez a szukcesszív nyomás és nyomástendencia adatok összevetésére.
- Kereskedelmi hajók pozíciójának ellenőrzése: a SHIP jelentések a kereskedelmi hajók helyzetének megadása mellett információt adnak a hajók sebességéről és útvonaláról. Ez lehetővé teszi az egymást követő hajópozíciók ellenőrzését.
- A térbeli folytonosság ellenőrzése: mivel a földfelszíni adatok térbeli ellenőrzésére (hacsak nem használnak fel erre a célra aerológiai információkat is) nincs lehetőség, ezért a horizontális folytonosság ellenőrzését kell elvégezni. Ez utóbbi hatásossága a földfelszíni hálózat nagyobb sűrűsége miatt nagyobb az aerológiai esetről, ugyanakkor a pontosság növelését a felszín inhomogenitásainak hatásai korlátozzák.
- Klíma adatokkal való összevetés: különösen a tengerfelszín hőmérsékleti adatainak ellenőrzésére elterjedt eljárás.

Tapasztalatok szerint a legnehezebb feladatot az óceáni felszíni légnyomás értékének ellenőrzése jelenti. Az utóbbi időben erre az esetre az optimális interpoláció módszerének több meteorológiai elemre kiterjesztett változatával végeztek eredményes kísérleteket.

4. NUMERIKUS MŰHOLDAS ADATOK ELLENŐRZÉSE

Hozzávetőleg egy évtizede a szokásos (aerológiai és földfelszíni) információk mellett a GTS hálózatában közre-

adásra kerülnek a műholdas szondázás numerikus adatai, amelyek közül az objektív analízisben legperspektívikusabbnak a relatív geopotenciál adatok (SATEM jelentések) felhasználása tűnik. Bár a műholdas adatok jelentős része olyan földi tartományokra vonatkozik, amelyek az ún. „ritka állomáshálózat” kategóriájába tartoznak, ezeknek az információknak az operatív alkalmazására mégis viszonylag kevés példa adható. Az operatív alkalmazás elterjedését a következő okok gátolják:

- nem megoldott ezen információk automatikus ellenőrzésének problematikája,
- nem ismert a műholdas szondázások hibáinak struktúrája,
- a műholdas adatok jelentős hányada nem a standard megfigyelési időpontokra vonatkozik, ezért négydimenziós asszimilációjukra van szükség.

Ebben az írásunkban elsősorban a műholdas adatok vertikális ellenőrzésének módszerével foglalkozunk, de figyelembe vesszük a műholdas szondázások mérési hibáira vonatkozó ismereteket is. A feladatot megnehezíti, hogy 1977 júliusa óta a számunkra legperspektívikusabbnak tűnő SATEM jelentésekben nem közlik a léghőmérséklet vertikális eloszlásának adatait, így hidrosztatikai ellenőrzés alkalmazására nincs lehetőség. Ezért a vertikális ellenőrzés során a durva hibák kiszűrésére csupán a statisztikai ellenőrzés módszere használható. Az alábbiakban ezt, az „optimális összehasonlítás” módszerének nevezett eljárást tárgyaljuk. A módszert *L.Sz. Gandin* professzor dolgozta ki. A SATEM jelentésekben általában a $p_1 = 1000$ mbar szintre vonatkoztatott Φ_k relatív geopotenciál adatok kerülnek közlésre, ahol k a megfelelő izobárszint jele. Vertikális ellenőrzésnek már ezeket az adatokat is alá lehetne vetni, azonban a kontroll érzékenységének növelése érdekében célszerű a

$$h_k = \Phi_{k+1} - \Phi_k$$

rétegvastagságokat ellenőrizni. Minden ilyen h_k érték ellenőrzéséhez — a két szélső helyzetet kivéve — az alsó és felső szomszédos rétegvastagság értékét használjuk fel. Tehát az ellenőrzés folyamatában a mért rétegvastagság értékének és a

$$\hat{h}_k = a_k \tilde{h}_{k-1} + b_k \tilde{h}_{k+1} \quad (11)$$

II. táblázat
SATEM táviratok vertikális ellenőrzési kísérleteinek eredményei

Dátum	Táviratok száma	Hibás táviratok száma			Mindhárom módszerrel hibásnak talált táviratok száma
		aerológiai	műholdas I. eset	műholdas II.	
1979. december 6.	169	31	49	27	26
1979. december 7.	269	74	92	71	71
1979. december 8.	266	88	102	84	83
1979. december 9.	324	93	111	92	88
1979. december 10.	441	110	147	107	106

értéknek az összehasonlításra kerül sor. Itt a_k és b_k súlytényezők,

$$\tilde{h}_i = h_i + \delta_i,$$

$\tilde{h}_i$ a mért h_i érték, δ_i a megfigyelés hibája. A súlyokat abból a feltételből határozzuk meg, hogy az

$$\tilde{E}_k^2 = (a_k \tilde{h}_{k-1} + b_k \tilde{h}_{k+1} - h_k)^2 \quad (12)$$

kifejezés értéke minimális legyen.

Abban az esetben, ha a mért és az interpolált rétegvastagság eltérése meghalad egy bizonyos határt, azaz ha

$$(\tilde{h}_k - \hat{h}_k) > \Delta_k,$$

akkor durva hiba valószínű. Célszerű feltételezni, hogy

$$\Delta_k = A \tilde{E}_k,$$

ahol rendszerint

$$2,5 \leq A \leq 3,5.$$

Megjegyezzük, hogy a (12) minimalizációs formula különböző súlytényezőket szolgáltat attól függően, hogy milyen feltételezéssel élünk a mérési hibák tulajdonságaira vonatkozóan. A II. táblázatban SATEM táviratok vertikális ellenőrzésére tett kísérleteink eredményeit foglaltuk össze különböző mérési hibák feltételezése mellett. Az „aerológiai” eset azt a feltételezést jelenti, hogy az aerológiai jelenségek esetén már sikeresen alkalmazott hiba-struktúrát tételeztük fel, a műholdas I” eset az előzőek azon természetes továbbfejlesztése, amikor az aerológiaiainál nagyobb mérési hibákat tulajdonítottunk a műholdas észleléseknek, végül a „műholdas II” eset felel meg a műholdas méréseknek a valósághoz legközelebb eső hiba-szerkezetének. Táblázatunkból jól látható, hogy a „műholdas II” eset szolgáltatta a legkevesebb hibás táviratot, ami a másik két eset túlságos szigorúságára utal. Mivel a megbízható előrejelzések készítéséhez nagyszámú helyes adatra van szükség, ezért az ellenőrzési eljárások „szigorúságát” is optimalizálni kell, annak érdekében, hogy mindig a megfelelő mennyiségű adattal rendelkezünk.

Befejezésül felhívjuk a figyelmet arra a körülményre, hogy a meteorológiai adatok automatikus ellenőrzési módszereinek alkalmazása fejlett meteorológiai távközlést és a számítások elvégzéséhez szükséges nagyteljesítményű elektronikus számítógépet tételez fel. Mivel Szolgálatunk birtokában van a szükséges technikai feltételeknek, ezért célszerű az automatikus ellenőrzésre kidolgozott algoritmusokat az operatív gyakorlatban is felhasználni.

Dévényi Dezső, Pártai Lucia

A XII. NEMZETKÖZI KÁRPÁTMETEOROLÓGIAI KONFERENCIA

1985. október 1. és 6. között került sor a Szerb Szocialista Köztársaság Hidrometeorológiai Intézete és a Szerb Meteorológiai Társaság rendezésében a XII. Kárpátmeteorológiai Konferenciára, Belgrádban.

Jugoszlávia számos köztársaságának képviselőjében jelenlévő meteorológusok mellett bolgár, csehszlovák, francia, görög, lengyel, norvég, olasz, svájci és német szakemberek vettek részt. Hazánkat hat kolléga képviselte.

A résztvevők — a konferencia szervezőinek köszönhetően — a hónapokkal korábban összegyűjtött előadások anyagát (nyomtatott formában) már a rendezvény kezdetekor kézhez kapták.

Az előadások I. csoportjában numerikus előrejelzési modelleket mutattak be, melyek figyelembe veszik a domborzat hatását. Itt hangzott el *Titkos Ervin*: „Finom és nagyon finom léptékű numerikus modellek alkalmazása az előrejelző szolgálatban” c. előadása. Az előadások II. csoportjában a domborzati hatások szinoptikus vizsgálatainak eredményeit ismertették. A III. témakörben, a domborzat éghajlati hatásait taglalók sorában három magyar előadó szerepelt: *Adámyné Koflanovits Erika* a Kárpát-térség a csapadék mennyiségének — századunk folyamán végbement — változásairól, (*Szentimrey Tamással* közösen készített dolgozat), *Farkasné Takács Olga* a globálisugárzás Kárpát-medencére vonatkozó extrémértékeiről, *Rimócziné Paál Anikó* a Kárpát-medence műholdképek alapján értékelt sugárzási jellemzőiről tartottak előadást. Az előadások IV. csoportjában mezoléptékű időjárási folyamatokra vonatkozó kutatási eredményeket mutattak be. Az előadók jól ismerték *Bodolainé Jakus Emma* kutatásait és hivatkoztak publikációira.

A konferencián jelen volt több, meteorológiai műszereket is előállító cég képviselője. Az összejövetel arra is jó alkalom volt, hogy a Szolgálatok ötleteket merítsenek műszerezettségük fejlesztéséhez.

A kitűnően szervezett rendezvényt a vendéglátó Szerb Meteorológiai Szolgálat szakmai kirándulással tette még emlékezetesebbé, amelynek keretében a Nisai Obszervatóriumot és a Jégesőelhárító Szolgálatot mutatták be.

Dr. Böjti Béla

KÉT ÉJSZAKA A KÖRHÁZBAN (II. R.)

A MÁSODIK ÉJSZAKA

A beszélő ezúttal nem fantasztikus történetek elmondására, hanem tanulságos ismertetésre készül, s emlékeztetve hallgatóságát az előző alkalommal elhangzott utolsó kérdésre, amely az *Univerzumban lehetséges életre* vonatkozott, elnézést kér betegtársaitól, ha mondogája ma unalmasabb lesz az első éjszakainál. Kárpótulásul az elmondandók tanulságosabbak lesznek azoknál, a célt pedig – a sötétben töltött órák unalmát elűzni – remélhetőleg eléri. Magában pedig arra gondol, hogy nem lesz haszontalan legalább ennek a kis embercsoportnak balhiedelmeit eloszlatni, hiszen annyi helytelen mende-monda kering erről a témáról a hiszékeny közvéleményben. Abban a meggyőződésben, hogy az elmondandók valóban hasznosak lesznek, megelégedetten folytatja:

„Ha mindenki lefeküdt és hallgatásra kész, s a lámpákat is eloltották, akkor kezdjük el”; „halljuk-halljuk” hangzik az ágyak felől.

1. A természettudományok fejlődése

Nemrégiben ünnepeltük *Kopernikusz* születésének 500. évfordulóját. Az elmúlt fél-évezred alatt a *csillagászat* sokat fejlődött. Ha ezt követni akarjuk – és egyáltalában, ha a csillagvilágban el akarunk igazodni – hozzá kell szöknünk az elképzel-

hetetlen nagy számokhoz, a beláthatatlan térségekhez és a képzeletünket meghaladó időközökhöz. A csillagászok – az Univerzum hatalmas méreteire való tekintettel – a távolságokat *fényévekben* mérik. 1 fényév az a távolság, amelyet a fény 1 év alatt megtesz (tízbillió km). Ennek az elképzelhetetlen távolságnak millió- és milliárd-szorosai (ezermillió) fordulnak elő a csillagászatban. *Galilei* távcsöve, amellyel a napfoltokat meglátta, sok változáson ment át, amíg egy mai csillagvizsgálónak több mint 5 méter átmérőjű tükörrel működő távcsövei elkészültek.

Jelentős felfedezés volt a rádióhullámokat kibocsátó *rádiócsillagok* megtalálása. A hatalmas antenna-rendszerekkel sikerült az Univerzumban tőlünk 5 milliárd fényév távolságban lévő csillagcsoportot is megfigyelni. *Kopernikusz* kora után kiderült, hogy a mi Napunk nem a Világnak, hanem csak a *Naprendszernek* közép-pontja. A Naprendszer (bolygóival, meteorjaival és az időnként betévedő üstökösökkel együtt) egy óriási méretű *világszigetnek* (galaktikának) egyik bolygó-rendszere.

Galaktikánkat szép, tiszta, felhőtlen éjszakákon mindenki látta már. A széke-lyek „Csaba királyfi útjának” nevezik, s ezen várják őseik hadának visszatértét. Tudományos, ismert neve: *Tejút-galaktika*. Spirális alakú, sűrűbb központi részből kiágazó spirális karokból áll. Méretei elképzelhetetle-

nek. Átmérője százezer fényév. Naprendszerünk 30000 fényévnnyire van a Galaktika központjától. Ebben az óriási méretű csillaghalmazban az egyes objektumok meglehetősen ritkán helyezkednek el. A Nap közvetlen környezetén, 16 fényév sugarú gömbben mindössze 53 csillag található. Ezek között mindössze 3 alkalmas az élet kialakulására és fennmaradására. Ezek: az *Eridani*, a *Tau-Ceti* és az *Epsilon-Indi* csillagok. Mindhárman kb. 10 fényévnnyi távolságra vannak a Naprendszertől. Ebből a mintavételből is láthatjuk, hogy a *csillagoknak csupán néhány %-a alkalmas az élet kifejlődésére*. Ha a technikai nehézségekre gondolunk, megérthetjük a tudósok véleményét, miszerint ekkora távolságok áthidalása, azaz látogatásunk más égitesteken, biztosan nem valósulhat meg a mi életünkben.

Másrészről, ha elgondoljuk, hogy a *Tejút-galaxis mintegy 100 milliárd, a Naphoz hasonló csillagot tartalmaz*, s ha még a Galaktikán kívüli Világszigetek milliárdjaira s ha az egész Univerzum elképzelhetetlenül sok galaxisának csillagaira gondolunk, igazat kell adnunk a görög *Métrodórosznak*: valóban botoság az az elbizakodott geocentrikus gondolat, hogy civilizáció kialakulására ennyi lehetőség közül egyedül a Föld alkalmas.

A klasszikus, szemlélődő csillagászat nagyon termékeny korszakát a XX. században felváltotta az űrhajózás és az űrkutatás korszaka.

Ennek beköszöntét az első *szeptnyik* felbocsátása (1957) és *Gagarin* emlékeztető űrrepülése jelzi. Ezt követően a két nagyhatalom: a *Szovjetunió* és az *USA* egyre-másra bocsátja fel az űrkutató rakétákat és műholdakat. Így kapásból nem is lehet megmondani, hány darab röpököd ma már Naprendszerünkben. Emlékeztet az *USA* kozmonautáinak Holdra szállása és a szovjet automatikus űrlaboratórium geológiai adatszolgáltatása a Hold felszínének közetéről. Az űrkutatás eredményeinek gyakorlati felhasználására vonatkozólag elegendő a meteorológiai műholdak felhőfelvételeire utalnunk, amelyeknek felhasználása jelentősen megjavította időjáráselőjelzéseinket. Ismeretes a távközlést szolgáló stacionér (a Földdel együttforgó) műholdaknak a TV-műsorokat közvetítő felhasználása. A távlatok e tekintetben ma még beláthatatlanok.

2. A Földön kívüli civilizációk lehetősége

Az eredmények láttán mind a közvélemény, mind a szakirodalom sokat foglalkozik a földihez hasonló civilizációk létezésével az Univerzumban, a Tejút-galaktikában vagy legalább a Naprendszerben. Láttuk, hogy az Univerzum, de még a Tejút-galaktika is meglehetősen üres. Az egyes objektumok akkora távolságra vannak egymástól, így Földünk-től is, hogy személyes

oda-utazásra és földönkívüliek látogatására nem is gondolhatunk. Az eddigiekhez elegendő annyit hozzátennünk, hogy a legközelebbi gigantikus csillagrendszer, az *Andromeda-köd* több mint 2 millió fényévre van tőlünk és az anyagok maximális sebessége a fénysebesség. Így a *Galaktikán* kívüli űrutazásról le kell mondanunk, sőt az űrtechnika jelenlegi korlátait figyelembe véve űrutazásaink tervezésekor a Naprendszeren belül kell maradnunk. Ha űrutazásaink során *élőlények* keresését tűzzük ki célul, *William Wawell* 100 éves problémájára kell gondolnunk: vajon minden bolygó alkalmas-e az élet kifejlődésére és fennmaradására? A csillagok – akár csak a Nap – magas felszíni hőmérsékletük miatt nem jönnek számításba. A Naprendszerre korlátozódva tehát meg kell vizsgálnunk bolygótársainkra vonatkozóan az „alkalmasság” feltételeit. Miután civilizáció élet nélkül nem létezik, tisztáznunk kell az élet és az *élőanyag* fogalmát.

3. Az élet és az élőanyag általános kritériumai

Ne tessék attól félni, hogy én itt egy kórházi éjszakában Önökből komplett biológusokat akarok képezni. Ezt a szép és hatalmas tudományt, amely napjainkban a *molekuláris biológia* révén egyre imponálóbb eredményeket ér el, magam is kívülről, tisztelettel szemlélem, és csak annyit olvastam el belőle, – s Önöket is csak annyival terhelem – amennyi a továbbiakhoz föltétlenül szükséges.

A biológia tanítása szerint az *élet* (legalábbis a Földön) a fehérjék és a nukleinsavak óriás-molekuláinak *létezési*

módja. Megnyilvánulása: a mozgás. Lényeges mozzanata a külvilággal (a természettel kialakult *anyagcsere*, beleértve az *energiacserét* is). További jellemző sajátosságai a *szaporodás* és az *öröklődés*, valamint a nagy *alkalmazkodó képesség* a környezet szélsőségeihez. Ne gondoljuk, hogy ezzel a szerintem szegényes leírással megragadtuk az élet lényegét, hiszen ennek a *lényegnek* napjainkban sincs általánosan elfogadott meghatározása.

Az *élőanyagot* tekintve tudjuk, hogy a fehérjék szén tartalmazó szerves (organikus) vegyületek, de a nukleinsavakról általában keveset tudunk. Pedig ezekben rejtőztek napjainkig azok a *DNS* (a kimondhatatlan „*dezoxiribonukleinsav*” rövidítése) óriásmolekulák, amelyeknek döntő szerepük van az *öröklődés* mechanizmusában. Az *élőanyag* el nem hanyagolható része a *víz* (tudjuk, hogy az emberi szervezet jelentékeny része víz, ezért víz nélküli környezetben, anyagcsere híján, szervezetünk elpusztulna). Az anyagcsere folyamatában rendkívül fontos az ember és az állatvilág *lélegzése* (*oxigén* felvétele a levegőből és *széndioxid* kilégzése), valamint a növények *asszimilációs* tevékenysége (*széndioxid* felvétel és *oxigén*-leadás). A földi élet (a bioszféra) megkívánja a két folyamat *kiegyenlített* egyensúlyát.

Ugyancsak az *élővilág anyagcsereje* megkívánja a hidrogénnél nehezebb „*nehéz elemek*” jelenlétét a légkörben. Ezért nem volt alkalmas a Föld *öslégköre* (főként hidrogénből és héliumból állt) az élet kialakulására. Az élet csak az *öslégkör* könnyű gázainak elillanása után, az ún. *másodlagos légkörben*, amely már a nehéz elemeket

is tartalmazta, alakulhatott ki. Mindenesetre, amíg a *primitív* élőanyagból kifejlődött a civilizációt építő *ember*, az *élővilágnak* sok fejlődési fokozaton kellett átmennie. Ezen fokozatok több generáción át biztosították az emberré fejlődés folyamatát. A fejlődésben tehát az *öröklődés* (a képességek átadása az utódoknak) fontos szerepet kapott. Az *öröklődés* egyenletes folyamatában időnkint zavarok jelentkeznek, amikor is az új egyedekben teljesen új tulajdonságok lépnek fel. Ez a *mutáció* jelensége. Az új tulajdonságok fellépése fejlődést jelenthet a faj életében, amely fejlődés *ugrászerű* haladást okozhat a lassúbb *öröklődés*hez képest. Így a gyorsabb fejlődés megkívánja a jó értelemben vett mutációt. Az utóbbi ún. *kemény sugárzás* hatására létrejöhethet, ezért az élet fejlődésére, az emberré válásra a *kemény sugárzás* jelenléte, amely a Földön kezdettől fogva adott volt, hasznos tényező.

4. Az élet kialakulásának feltételei a Naprendszerben

Amint már említettük, az élet kialakulása szempontjából a csillagok *bolygói* jöhetnek számításba, a földi ember számára pedig a közvetlen érintkezés felvétele elsősorban a *Naprendszer* bolygóin esetleg kialakult *civilizációkkal* lehetséges. Melyek tehát ezeken az élet kialakulásának feltételei, és milyen mértékben számíthatunk ezek teljesedésére?

Az első feltétel, amelyre földi elménkkel gondolunk, a *szilárd talaj* (földtest!) és fölötté az anyagcsereére alkalmas *légkör* elkülönülése. Megvizsgálhatjuk azt a kérdést is, hogy a *földi élettől* különböző *életforma* létre-

jöhetett-e más bolygókon? Hiszen más bolygón, más természeti viszonyok között fejlődő lények biztosan különböznek az embertől nemcsak a civilizáció fokában, hanem testformában, táplálkozásban, anyagcserében, stb. A fantasztikus irodalom *ETI (ITI)* figurája ezt jól kifejezi.

Folytatva a kedvező életfeltételek felsorolását, kíváncsios, hogy a *szilárd felszín hőmérséklete* sem túl magas, sem túl alacsony ne legyen. Ha a földi élőanyag nagy víztartalmára gondolunk, a *hidroszféra* jelenlétének nagy fontossága mellett a *kedvező életfeltételek hőmérsékleti határait* a *fagypontra* és a *víz forráspontja* között jelölhetjük meg, az élőanyag nagy alkalmazkodó képességére való tekintettel legalábbis *időbeli középértékben*.

Mivel a bolygó felszínének hőmérséklete a *besugárzás* nagyságától függ, a Naphoz közelebbi bolygók felszíne melegebb, a távolabbiaké hidegebb. Eszerint kijelölhetjük a Napnak és általában minden bolygórendszer csillagjának azt a körzetét, amelyben a felszín hőmérséklete a hőmérsékleti *tűrés* határai közé esik (a csillag *ökoszférája*, *lakhatósági zónája*).

A *Nap ökoszférája* a 3 földtípusú bolygó pályáját foglalja magában. Ezek: a *Venus*, a *Föld* és a *Mars*. Természetesen az *ökoszférához* tartozás még nem *elegendő* feltétele az életnek, a felsorolt és még felsorolandó feltételek is *szükségesek* az élet kialakulásához.

Igy el nem hanyagolható tényező a bolygó nagysága, pontosabban a *tömege*. *Kis-tömegű* bolygónak kicsiny a gravitációs vonzóereje is. Ha ez olyan kicsiny, hogy az *illegény légnemű* gázburkot (a bolygó légkörét) nem

tudja visszatartani, a légkört elvesztett bolygó semmiféle élet kialakulására és fenntartására nem alkalmas (ilyen bolygó pl. a *Merkur*; a *Föld Holdja* is elvesztette légkörét). A bolygó túlságosan *nagy tömege* sem kedvező tényező az élet kialakulása szempontjából. Nagy vonzóerejével az ilyen bolygón nagy a légnyomás és valószínűleg megmaradt a hidrogénből és héliumból álló, ún. *redukáló* (oxigén nélküli) *őslégkör*, és nem nyílt alkalom a *nehéz elemek* megjelenésére a fejlődő, *másodlagos* légkörben. (Ilyen bolygók a Naprendszer óriásbolygói: a *Jupiter*, a *Szaturnusz*, az *Uránusz* és a *Nep-tunusz*). A Föld esetében az őslégkör mindössze 1 milliárd évig maradhatott fenn, ezt követően a *könnyű elemek* (a hidrogén és a hélium) megszöktek a Föld gravitációs teréből, s létrejött a talajfelszínen át kilépő gázokból álló *másodlagos* légkör, amely már nehéz elemeket (többek között szén) is tartalmazott és alkalmas lett — a *bioszféra* kölcsönhatása révén — szerves anyagok felépülésére. A másodlagos légkörnek ezen — az élet szempontjából kedvező — átalakulása, amelyben az élővilág tevékenyen közreműködött, mintegy 4 milliárd évig tarthatott. Az összesen 5 milliárd évesnek becsülhető légkörünknek *aeroszolokkal* való szennyeződése az emberi civilizáció és technika fejlődésének forradalmi évszázadában, mindössze 100 éve kezdődött, de elmondhatjuk, hogy mindmáig „sikeresen” folyik.

Biológusok kísérletei kimutatták, hogy laboratóriumban, mesterségesen előállított, a másodlagos földi légkör összetételével azonos *gázkeverékben* a villámokat utánzó *elektromos szikrák*

hatására *szerves* anyagok keletkeznek. Annak idején óriási feltűnést keltettek ezek a kísérletek. Azt hitték, hogy a földi élet keletkezésének titkára fény derült. Később a biológusok is rájöttek, hogy a *szerves molekulák együttese még nem nevezhető életnek*.

Azt a jelenséget vagy minőségi ugrást, amely az élettelen anyagot az élőbe átvizsi, a *molekuláris biológia* mindmáig nem találta meg. *Sklovszkij*, neves szovjet csillagász szerint: „Ezen a rendkívül fontos területen egyelőre, sajnos csak jelentéktelen eredményeket sikerült elérni”.

Sagan, híres űrbiológus becslése: „*az élet a Földön $4,2 \pm 0,2$ milliárd évvel ezelőtt kezdődött*”. Ha ezzel a nagyon hosszú időtartammal az ember megjelenésének kb. 1 millió évvel ezelőtti időpontját összevetjük, beláthatjuk, hogy számos kedvező feltételnek és fejlődést jelentő *mutációnak* kellett bekövetkeznie, amíg az ősember „elkészült”. Ebben a folyamatban jelentéktelen közreműködhetett a *kemény kozmikus sugárzás* is. Az utóbbinak biológiai hatékonyságát számos kísérlet igazolta.

Visszatérve az „alkalmas” bolygótömegre, egyetérthetünk abban, hogy az élet kialakulására alkalmas bolygók tömegének alulról és felülről korlátozottnak kell lennie. A Földet kedvező mintának tekintve, az alsó határt *néhány századnyi földtömegre*, a felsőt pedig a Föld tömegének mintegy *tízszerezésére* becsülik.

Tekintettel a csillagok közötti nagy távolságokra és az életre kedvező feltételek számosságára, nehéz feladat annak eldöntése, hogy magunk vagyunk-e a Világegyetemben, vagy vannak még a Földön kívül is értelmes lé-

nyek körülöttünk. A nehézségeket látva, elegendő, ha első lépésként a *Naprendszerben* nézünk körül.

5. Van-e élet a Naprendszer bolygóin?

5.1. A Merkur

Már említettük, hogy a *Merkur* a Naphoz legközelebb keringő bolygó, a Nap ökoszféráján kívül (a Nap felőli oldalon) van. Közepes naptávolsága: *58,5 millió km* (a Földé *150 millió km*). Emiatt felszíne túl meleg. Kis tömege miatt légkörét (akár csak a Hold) elvesztette. Az élet kialakulására alkalmatlan, forró felszínű, levegőtlen bolygó. Több szót az élet szempontjából nem is érdemes rá vesztegetni.

5.2. A Venus

A Nap ökoszféráján belüli bolygó. Közepes naptávo-

sága *108 millió km*. Annyi sugárzási hőt kap a Naptól, amennyi elég lenne az élet fenntartására s az erre szükséges mennyiséget nem is haladná meg. Csakhogy a *Venus* az élet szempontjából nem jól gazdálkodik a kapott hővel. Légköre valahogyan úgy fejlődött, hogy sok lett benne a *széndioxid*. Ennek a gáznak az a tulajdonsága, hogy az üvegházakhoz hasonlóan a beérkező napsugárzást átengedi, a felszín hosszúhullámú kisémisszárását pedig visszatartja: *üvegházhatás*. Emiatt — amint ezt a bolygóra leszállt szovjet *Venera* űrszondák mérései is megerősítik — a *Venus* felszínén nagyon magas a hőmérséklet. A nehéz gázok miatt (a légkör 97%-a széndioxid) a bolygó felszínén 100 atmoszféra körüli a légnyomás, a hőmérséklet pedig közel *500 °C*, *az életre nem alkalmas*.



1. kép:

A *Venus* felszínéről készült radarfelvételekből szerkesztett térkép egy részlete

Erről a bolygóról különben is furcsa dolgok derültek ki. Ezek nem tennék kíváncsiság egyébként sem az ottani tartózkodást. A rádió-sugarakkal történt vizsgálatok szerint a *Venus* fordított irányban forog, mint a töb-

Igy ezzel a közeli bolygóval, a Nap ökoszféráján belüli *Mars*-szomszéddal sem járunk jobban, pedig elképzelt lakói (a *marslakók*) sürűn szerepelnek a tudományos-fantasztikus irodalomban. Ezért nagy várakozás-

sal fogott hozzá az űrkutatás a marsbéli viszonyok tanulmányozásához.

Naptávolsága (228 millió km) révén a *Mars* még belül van a Nap ökoszféráján, de légköre nagyon ritka. Emiatt a bolygó felszínén ki-

ciny a légnyomás (alig 5 Hgmm, a földi légnyomásnak mindössze 0,6 százaléka).

Ennek a ritka légkörnek a fele *széndioxid* ugyan, de nincs belőle annyi, hogy a *Venus* poklát okozó üvegházhatás kialakult volna. Ezért a felszíni hőmérséklet a *Marson* nagy nappali és éjszakai különbségeket mutat: vannak +28 °C-ra felmelegedő nappalai és -78 °C-ra lehűlő éjszakai.

Ez a körülmény természetesen nem kedvez az esetlegesen kialakult élőszervezeteknek, a nagy hőmérsékleti ingás meghaladja ezek alkalmazkodó képességét, de nem zárja ki az élet – mindenestre valaminő primitív élet – lehetőségét.

Nagyobb baj az, hogy a *Mars* légköre alig tartalmaz *oxigént* és *víz*et, de még *nitrogént* sem. Ezért, ha van is élet a *Marson*, ez egészen más lehet, mint a földi élet. Az is lehetséges, hogy a *marsbéli élet* még szunnyad, és teljesítőképessége még nem tudott olyan bioszférát létrehozni, amely a Földről észrevehető volna.

Annak ellenére, hogy a *Mars*ról van legtöbb adatunk a Naprendszer bolygói közül, nem tudjuk biztosan, hogy van-e ott, és ha van, milyen szintű élet. Egyet azonban mégis tudunk szomszédos bolygónkról: *egyelőre nem kell tartanunk a marslakók támadásától, de mi sem számíthatunk arra, hogy szükség esetén jó ott-hont találhatunk a Marson*. A földtípusú, szomszéd bolygók után nézzünk meszebbre.

5.4. A külső óriás-bolygók

A *Mars* utáni bolygómentes térségen kívül, a Nap lakhatósági zónáján (ökoszféráján) túl keringenek a Naprendszer óriás-bolygói: a *Jupiter*, a *Szaturnusz*, az *Urá-*



2. kép:

Számos szovjet űrszonda is vizsgálta a *Venus* légkörét: a *VENERA 14* leszállóegysége a bolygó felszínéről sugározta vissza a Földre ezt a képet

bi bolygó. Ez még nem volna baj, legfeljebb a Nap a fordított oldalon kelne és nyugodna, mint ahogyan megszoktuk, de ez a fordított forgás nagyon lassú, így ha ott lagnánk egy *venus-évben* (több, mint 6 földi hónap) csak kétszer látnánk felkelni a Napot.

Mindenesetre megállapodhatunk abban, hogy a magas felszíni hőmérséklet és nyomás, valamint a légkör kedvezőtlen gázösszetétele miatt a *Venus* sem alkalmas a földihez hasonló élet kialakulására és fenntartására.

Ilyenformán a Nap ökoszférájával eddig nem volt szerencsénk, s el kell búcsúznunk attól az illúziótól, hogy valaha is szót érthetünk a *veuslakókkal*.

5.3. A Mars

A *Mariner*-típusú amerikai, és a szovjet *Mars*-űrszondák sok adatot szolgáltatattak szomszédunkról, de ezekben – az élet nyomait keresve – nem sok örömről tehetünk.



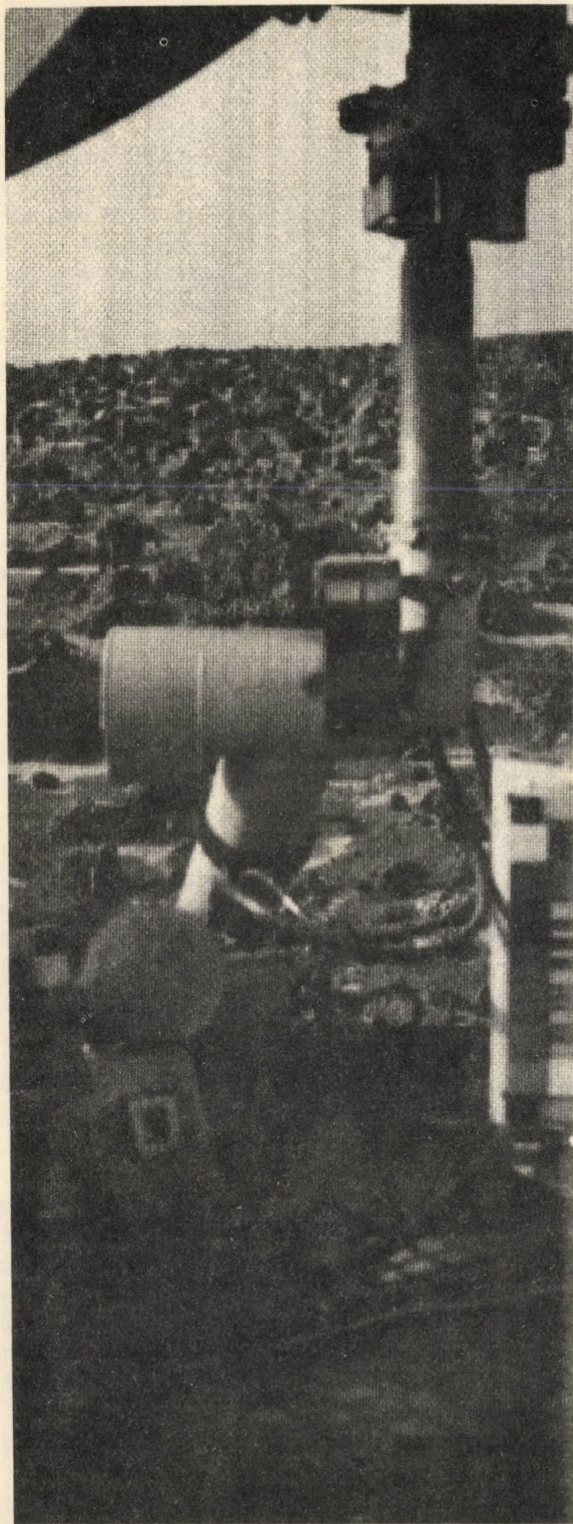
NATIONAL GEOGRAPHIC PHOTOGRAPHER JAMES L. AMOS (ABOVE); NAS.



3. kép: „Inkább halott, mint vörös égítést a Mars” – mondják az amerikai Űrkutatási Hivatal tudósai, a *VIKING 1* és *2* űrszondák képeit kiértékelve. A felső felvétel – összehasonlítás céljából – a kaliforniai Holt Völgyet mutatja, az alsó pedig a *Mars* rosztavörös felszínét.

nusz és a Neptunusz. Közülük számunkra legismertebb a Jupiter. A többiek, ha-

sonlóan a legkülső bolygón, a kisebb tömegű Plutón ural-
kodó viszonyokra eddigi is-



4. ábra:

Tudománytörténeti jelentőségű felvétel: a VIKING 2 űrszonda leszállóegysége a Mars felszínén sajátmagát is lefényképezte

mereteink alapján csak következtetni tudunk.

A Jupiter kb. ötször akkora távolságra (780 millió km-re) kering a Nap körül, mint a Föld. A többi óriás-bolygó még messzebb van központi égitestünktől, közülük a legkülső: a Neptunusz 30 Nap-Föld távolságra (2880 millió km-re) van a Naptól, végül a Plutó 39-szer távolabb, mint a Föld (közel 6 milliárd km) végzi keringését. *Távolságuk a Nap ökoszféráját messze túlhaladja.* Így az élethez szükséges meleget a Naptól nem kapják meg.

Mint hogy ezen külső óriás-bolygók *tömege* több mint tízszerese (a Jupiteré több, mint 300-szorosa) a Föld tömegének, igen nagy környezetükben a *tömegvonzás*, a gravitáció. A Jupiter teste valójában sűrű gázkeverék, amelyben a földi tárgyak nem esnének „lefelé”, hanem *lebegnének*. Szilárd bolygótest a Jupiteren valószínűleg nem is alakult ki: ugrásszerű átmenet nincs az anyag sűrűségében. Ennek megfelelően a gáztestben nagy a *nyomás*. A gázóceán fenekén — ahol a primitív életet elképzeljük — a *légnomás 10000 atmoszféra, a hőmérséklet pedig 1000°C lehet*. A nagy meleg belső energiaforrásból, a bolygó gravitációs összehúzódásából származik. A földihez hasonló élet *ennélfogva a Jupiteren (és a többi külső bolygón) nem képzelhető el*.

Az elmondott konklúzió nyomán felmerül a kérdés: nem lehetséges-e az óriás bolygókon (de általában is) *másféle élet*, amely nem hasonlít a földihez?

Tudjuk, hogy az óriás-bolygók nagy vonzóerejükkel vissza tudták tartani öslégekörüket. Anyagcseréjükre eszerint *hidrogén, hélium, ammónia és metán*, az Univerzum ősi anyaga állt ren-

delkezésre. A Jupiter gáztestében „ammónia-tenger” jelenléte is elképzelhető. Ilyen „ammóniás-élet” megvalósulása esetén az *élőszervezetek ammóniát innának és nitrogént lélegeznének*, anyagcseréjük végterméke pedig *ammónia és cián* lenne. A magam részéről ilyen *bűzös* bolygón akkor sem élnék szívesen, ha a Földön már elviselhetetlen lenne az élet. Azokon a bolygókon, amelyek *szilícium* alapanyagú *szilárd kéreg* fejlődött ki, elképzelhető *szilícium-testű lények* létrejötte, mindössze élőanyaguk nem jelenik meg olyan nagy változatosságban, mint aminőt a szerves (széntartalmú) fehérjék a Földön elérnek. *Ezek után elégedjünk meg földi életünkkel, és ne áhítozzunk másfajta élet után!*

Exobiológusok szerint rendkívül kicsiny annak a valószínűsége, hogy a külső bolygókon még primitív formában is megtelepedett volna az élet. Ha pedig ezt elfogadjuk, kénytelenek vagyunk megbarátkozni azzal a lehangelő gondolattal, hogy a *Naprendszerben egyedül vagyunk*, bár egyes bolygókon a primitív élet jelenlétét igazolni, de cáfolni sem tudjuk. Ennél többet az élet megjelenéséről akkor sem tudnánk meg, ha ezt a Tejútgalaktikában vagy akár az egész Univerzumban keressük. Ezért a következőkben szorosabbra fogjuk a kérdést és azt keressük, hogy a Galaktikában (és az Univerzumban) lehetséges-e *értelmes élet és földönkívüli civilizáció?*

6. Van-e értelmes élet a Tejút-galaktikában?

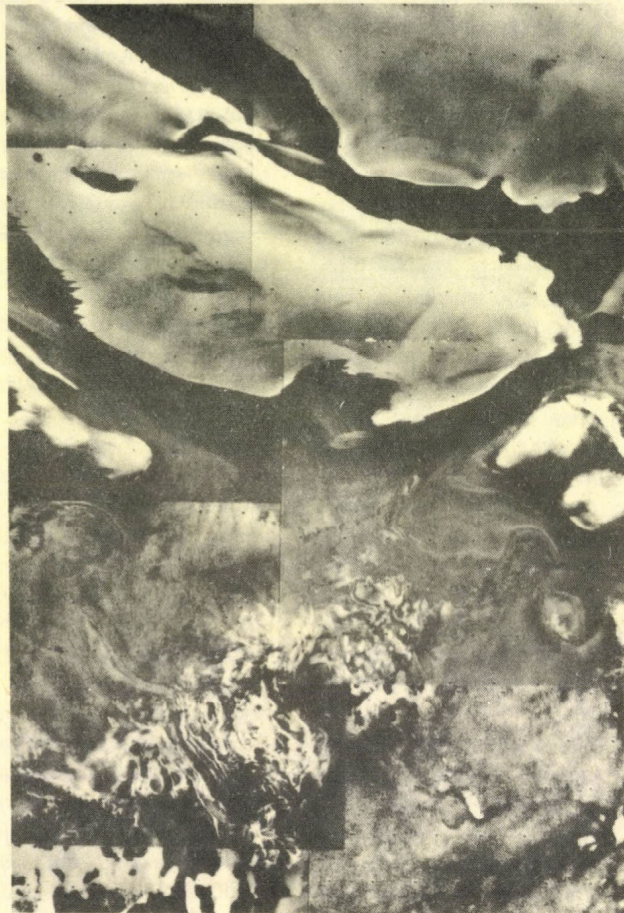
Mindenekelőtt tisztázzuk, mi is az az *értelmes* élet. Az értelemnek ismertető jele, egyúttal jelentős esz-

köze a más értelmes egyedekkel létesített *információcsere*, aminek legjellegzetesebb eszköze a *beszéd* és a *nyelv*.

Ha az élet valamely bolygón valamilyen módon megtelepedett, nagy fejlődésen kell átmennie, hogy itt az élet *értelmessé* váljék. Általában nem is szükségszerű,

Az értelmes lények kialakulása annak a nagy fejlődésnek következménye, amely többszörös *mutációra* és természetes *kiválasztódásra* vezethető vissza.

Az „élet jelenlétének a Világegyetemben” logikus következménye, hogy *kedvező feltételek esetén* a bolygón nemcsak primitív élet,



5. kép:

A Mars felszíne a VIKING 2 felvételein: a fagyott szén-dioxid (száraz-jég) borítja a bolygó északi sarkvidékét, ahol az erős szelek völgyeket vájtak a jeges-poros felszínbe

hogy a primitív élőlények elérjék az „értelmes” minőségi fokozatot. Mindenesetre a környezettel *idegsejtjeik* közvetítésével szorosabb kapcsolatban vannak, mint pl. a Földön az alacsonyabb rendű állatvilág. A *giliszta* idegsejtjeinek száma mindössze 1000 nagyságrendű, az *emberé* pedig 10 milliárd!

hanem *értelmes* civilizáció is kifejlődhetett. Vannak ezzel szemben olyan vélemények is, miszerint az *értelmes* élet az Univerzumban *igen ritka* jelenség. Mi maradunk annyiban, hogy az *értelmes* földönkívüli civilizációk nagy valószínűségét Wawell nyomán nem tagadhatjuk (legalább is nem vonhatjuk kétségbe).

Tekintettel arra, hogy a földi civilizáció csupán néhány száz éves, tehát *relatíve fiatal*, elképzelhető, hogy az Univerzumban fellelhető civilizációk többsége ennél *jóval fejlettebb* mind a szociális, mind a technikai fejlettség szintjén. Ennek értelmében sokáig úgy képzeltek, hogy — ha számunkra még korai (technikai fejlettségünk miatt) egy úrutazás — a fejlettebb társadalmak részéről ilyen látogatás nem lehetetlen. Ez az elképzelés az alapja az *UFO- és ITI-balhiedelmeknek*. Az *Einstein* felfedezte *speciális relativitás* törvényei szerint az anyag legnagyobb sebessége nem lépheti túl a *fénysebességet*. Ebben az esetben bármilyen fejlett társadalomból indul el a *látogató*, hosszú évtizedek, esetleg száz évek kellene ahhoz, hogy egy univerzumbeli bolygóról elérje Naprendszerünket. Így azután *sem látogatásra, sem látogatók fogadására nem gondolhatunk* a Világegyetem ritka csillagartalma, mondhatnánk: *üressége* miatt. Ha ezt meggondoljuk, kissé nagyképpen hangzik az elmúltban lévő XX. században „*csillagok háborújáról*” beszélni, amikor az ellenfelek nem hagyhatják el központi csillagunknak, a Napnak bolygórendszerét. Mindenesetre a technikai szint emelkedésével megjelenik az *emberiség történetében a civilizáció önmegsemmisítésének* veszélye. Ezzel kapcsolatos az a kérdés, hogy *behatárolt-e vagy az éig nőhet az értelem fája?* A felelet átvizs bennünket a *fantázia* világába, de ellenállhatatlan az ezirányú kíváncsiság, s nehéz ellenállni annak, hogy a jövő alakulását töprengjünk.

Az *önmegsemmisítés* lehetőségeivel foglalkozott még abban az időben, amikor

a nagyhatalmak barátságos megbeszéléseinek tárgya a *békés egymás mellett élés* feltételrendszere és nem a „*csillagok háborúja*” volt, az *Örmény SzSzK* és az *USA Tudományos Akadémiái* által rendezett *bjurakani szimpózium*. Fő témája a földönkívüli intelligenciákkal felvehető kapcsolatok kérdése (Communication with Extraterrestrial Intelligence = *CETI*) volt, s az önmegsemmisítés veszélyét elkerülendő, megtárgyalták az űrbéli barátságos *kapcsolatfelvétel* lehetőségeit, mindenekelőtt azt, hogy hány olyan civilizált bolygó létezhet a Galaktikában és az Univerzumban, amelyek technikai fejlettsége lehetővé teszi, ha nem is a kölcsönös látogatást, de legalább a *kommunikációt* (üzenetváltást).

7. Hány civilizált bolygó lehet a Tejút-galaktikában?

A „civilizált bolygó” fogalmán olyan élőlények tartózkodási helyét értjük, amelyek technikai fejlettsége lehetővé teszi a *kölcsönös üzenetváltást*. Miután legnagyobb sebességnek a *fénysebességet* ismertük el, s az üzenetváltás hordozójának kiválasztásánál a *leggyorsabb* postásra gondolunk, csak *rádióhullámok* jöhetnek tekintetbe, különben az üzeneteinkre várható válasz még unokáink kezébe sem kerülhet. *Vajon nem várhatunk-e máris ilyen rádió-üzeneteket a fejlettebb földönkívüli civilizációk valamelyikétől?*

1967 nyarán egy fiatal rádiócsillagász, *J. Bell* felfedezett egy különös *rádióforrást*. Teljesen szabályos időközökben *sugárzás és szünet* követték egymást. A majdnem másodperces sugárzást nagy pontossággal

1,33 s hosszú szünetek követték. Mindenki a *szupercivilizációk* üzenetét vélte az ismeretlen rádióforrás irányából hozzánk érkezni, pedig a fiatal rádiócsillagász nő „csupán” a *pulzárokat* fedezte fel, amelyeknek szabályosan ismétlődő rádióimpulzusai a tengelykörüli forgás következményei.

Nyilván ennek a nagy izgalomnak volt köszönhető és a kíváncsi jövő kezdeményezés megelőzését célozta a 4 évre rá, 1971-ben megrendezett *CETI-konferencia*.

Tanulva a sok fejtörésen, amelyet a pulzár okozott, az üzenetvivő rádióhullámokat úgy akarták megválasztani, hogy pl. a *hullámhosszból* következtetni lehessen a *civilizált társadalom* üzenetére.

A szóba jöhető hullámhossztartományt behatárolta egyrészt az interstelláris (csillagközi) anyag elnyelése, másrészt a világűrben fellépő *rádió-zajszint*. Mindezeket figyelembe véve a *3-30 cm-es hullámközt* találták az üzenetküldésre legalkalmasabbnak. Ebben a rádiótechnikailag még elég széles hullámsávban fekszik a *hidrogén* semleges atomjainak 21 cm-es hullámhosszúságú színképvonala. Ha tehát ezt a hullámhosszt választjuk üzenetküldésre, a felvevők azt is megtudhatják, hogy a földlakók már a színképelemzés tudományában is járatosak. Az *üzenetek elemek, válasz mindaddig nem érkezett* (talán a dédunokák egyszer megkapják). Visszatérve a fejezetcímbe feltett kérdésre, erre adatok híján csak az *űrkutatók* becslései alapján adhatunk választ. Így az eredmény is magán viseli a becslés bizonytalanságát. A következő valószínűségi számítást szokták ehhez a becsléshez alkalmazni.

Tudjuk, hogy a Tejút-galak-

tikában 100-150 milliárd Naphoz hasonló csillag van. A Galaktika kora kb. 10 milliárd év.

Legyen az 1 év alatt keletkezett csillagok száma (feltevé, hogy a 100-150 milliárd csillag 10 milliárd év alatt folyamatosan keletkezett): R ; annak a valószínűsége pedig, hogy az 1 év alatt keletkezett csillagoknak bolygók vannak, legyen: f_1 . Akkor 1 év alatt a Galaktikában keletkezett bolygórendszerek száma = $R \cdot f_1$. Ezekből a csillagok ökoszféráján belül keringő bolygók száma legyen: N , s annak a valószínűsége, hogy ezeken élet alakulhat ki, legyen: f_2 . Akkor a Galaktikában 1 év alatt $R \cdot f_1 \cdot N \cdot f_2$ számú olyan bolygó teremlődik, amelyen *élet* keletkezhet. Legyen továbbá annak valószínűsége, hogy ezen valóban létrejön a *bioszféra*: f_3 s annak valószínűsége, hogy ezekben *értelmes* lények is vannak: f_4 . Végül legyen annak a valószínűsége, hogy az utóbbiak technikai fejlettségük révén *kommunikációképesek*: f_5 , akkor a *Tejút-galaktikában 1 év alatt* $R \cdot f_1 \cdot N \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4 \cdot f_5$ számú *kommunikációképes civilizáció kialakulása várható*. Ha ez a civilizáció 1 év után stabilizálódik, s tegyük fel, 1 millió évig fennmarad, akkor milliószor annyi kommunikációképes civilizációval számolhatunk a Galaktikában. Tekintettel arra, hogy a földi technikai civilizáció még nagyon fiatal, az űrkutatóknak a valószínűségi mutatókra vonatkozó meglehetősen bizonytalan becslése szerint: a *Tejút-galaktikában ez idő szerint legfeljebb egy olyan kommunikációképes civilizáció létezése valószínű, amellyel (rádióhullámok útján) felvehetjük a kapcsolatot*. Beláthatjuk, hogy ez a szám váratlanul *kevésnek* adódott,

így nem csodálkozhatunk, ha üzeneteinkre ez az egy civilizáció nem válaszolt mindmáig.

8. Az Univerzumban létező civilizációk felkeresésének lehetőségei

Vizsgálódásaink azzal a szomorú megállapítással végződtek, hogy a Galaktikában esetleg létező egyetlen civilizáció felkeresésére, sőt üzenetváltásban megnyilvánuló kapcsolat kialakítására sem sok lehetőségünk van. Ez, a nyilvánvalóan még nagyobb távolságok miatt, az *Univerzum* civilizációival még kevésbé valószínű. Ebben természetesen a fantasztikus történeteket kedvelő *közvélemény* nem nyugodott bele, s továbbra is megvan győződve a személyes *kapcsolatfelvétel* lehetőségéről. Ezt a hiedelmet a már említett *Einstein-féle speciális relativitáselmélet* egyoldalú magyarázata még táplálta. Eszerint ugyanis, ha egy rendszer a másikhoz képest gyorsabban mozog, és a sebessége megközelíti a fény sebességét, akkor a *két rendszerben az idő nem egyformán múlik*. A gyorsabb rendszerben lassabban, mint a lassúbban. Így elképzelhető, hogy közel fénysebességgel felrepített rakétában — lassabban múlva az idő — *kevésbé öregsenek az utasok és fiatalabban érkeznek vissza, mint az itthon maradtak*. „Talán így a több emberöltőnyi utazás mégis lehetővé válik”, mondják az optimisták. Sajnos, ki kell ábrándítanom a *bizakodókat*. A *speciális relativitás elmélete* szerint ugyanis a fény sebességének közelében a *mozgó tömeg* úgy viselkedik, mintha maga is megnőne. Ennek a *relativisztikus tömegnek* mozgásához olyan sok energiára

lenne szükség, hogy annyi — még a magreakciókat is figyelembe véve — jelenleg, de még a közeljövőben sem áll az emberiség rendelkezésére. Erre természetesen azt mondhatják a bizakodók, hogy „sebj, a technika fejlődésével minden, ami most lehetetlennek látszik, a jövőben megvalósulhat”. *Erre a feltevésre viszont a természettudomány részéről nincs válasz!*

Számos balhiedelem kering még a hiszékeny közvéleményben, de ezek részletezésére már nincs idő, hiszen ismét elmúlt éjfél a korteremben. Jó éjszakát, kedves betegársak!

A beszélő: Dr. Béll Béla
akadémikus

OLVASTUK

Automaták a Niger-folyó vízgyűjtőjén

Nyugat-Afrikában, a Niger folyó kilenc országára kiterjedő vízgyűjtőjén 65 állomásból álló hidrológiai mérőhálózatot telepítenek a Meteorológiai Világszervezet anyagi támogatásával. Az állomások csapadékok, vízállást és hőmérsékletet mérnek, a tápfeszültséget napelemek szolgáltatják. Az adatokat az ARGOS műholdas távközlési rendszer továbbítja a nyolc helyen levő, ún. „közvetlen hozzáférésű” földi vevőállomásra, az utóbbiak a Projectben résztvevő országok vízügyi szolgálatai részére nemcsak a mért adatok, hanem a vízállás-előrejelzések cseréjét is végzik. Az utomatizált mérőhálózatban — amelyet a szakértők a legkorszerűbbnek minősítenek — 1983-ban 10, 1984-ben további 25 és végül 1985-ben 30 állomást telepítenek. A terv további érdekessége, hogy a Togo állam területén levő állomások részt vesznek az Egészségügyi Világszervezet (WHO) által kezdeményezett kísérletben, az „onchocercosis” (= folyóvaktság) nevű trópusi betegség elleni küzdelemben is.

ARGOS Newsletter

METEOROLÓGIAI VÁNDORGYŰLÉS NYÍREGYHÁZÁN

1985. augusztus 22-24-én tartották meg Nyíregyházán a Magyar, a Szlovák és a Csehszlovák Meteorológiai Társaság első közös Vándorgyűlését. Ez a vándorgyűlés a Magyar Társaság életében a XXIII., a szlovákokkal közösen pedig a kilencedik volt.



A vándorgyűlés témájául „A klímapotenciál és az agrometeorológiai információk népgazdasági hasznosítását” választották.

A vándorgyűlés üléseit a Bessenyei György Tanárképző Főiskola előadótermében tartották. A résztvevőket a Főiskola kollégiumában helyezték el. Az étkeztetést is a kollégium éttermében oldották meg, ami a több mint száz résztvevő kényelmét szolgálta.

Az ünnepélyes megnyitóra augusztus 22-én délután került sor. Először Szász Gábor egyetemi tanár, rektor, a Magyar Meteorológiai Társaság elnöke, majd Ferdinánd Samaj igaz-

gató, a Szlovák Meteorológiai Társaság elnöke köszöntötte a megjelenteket. A hivatalos program megkezdése előtt adta át Szász Gábor egyetemi tanár Ferdinánd Samaj igazgatónak és Jan Lukač igazgatóhelyettesnek a Magyar Meteorológiai Társaság tiszteleti tagságáról szóló oklevelet, a sok éven át a magyar-szlovák tudományos és társasági együttműködés érdekében kifejtett munkájuk elismeréséül. Ezután Ferdinánd Samaj igazgató nyújtotta át a „Szlovák Hidrometeorológiai Szolgálat Emlékérme” kitüntetést Szász Gábor és Justyák János professzoroknak a szlovák aspiránsok vezetésében és a szlovák szakemberek továbbképzésében végzett sokéves munkájuk elismeréséül.

Még az előadások megkezdése előtt került sor a 75 éves Zách Alfréd dr. ny. igazgató köszöntésére, aki augusztus



27-én ünnepelte születésnapját. Mindkét Társaság apró ajándékokkal kedveskedett, a Szlovák Meteorológiai Társaság egy „kristály békát” nyújtott át az ünnepeltnek.

A Vándorgyűlésen 25 előadás hangzott el, a cseh és a szlovák kollégák tizennégy előadást tartottak. Az első napon három nagyobb lélegzetű előadásra került sor. *Szász Gábor* előadásában az éghajlati potenciál (klímapotenciál) fogalmának elméleti megközelítését tárgyalta. *Juraj Rak* az elméleti megfontolásoknak a gyakorlati felhasználásba való átviteléről beszélt. *Rudi Béla*, a Nyíregyházi Konzervgyár igazgatója a gyakorlati megvalósítás oldaláról beszélt. Előadása különösen azért volt érdekes, mert személyében a felhasználó nyilatkozott a meteorológiai információk gyakorlati alkalmazásáról. A Nyíregyházi Konzervgyár hatáskörzetében megvalósított termelésirányítási rendszer problémáit meteorológiai oldalról *Kozma Ferenc* világította meg. A további előadásokban magyar részről főleg az éghajlati információk gyakorlati felhasználhatóságáról, mezőgazdaságunk agrometeorológiai kiszolgálásáról esett szó, mint például *Dunay Sándor* – *Czakó Flórián* előadásában, ahol az újonnan kialakuló agrometeorológiai információs programról esett szó. *Füri József* és *Polonyi Béla* előadásában ismét a felhasználók nyilatkoztak a mezőgazdaság agrometeorológiai kiszolgálásáról, ezúttal a szőlőtermesztés szempontjából. Szlovák részről az előadások elsősorban sugárzási, hőháztartási problémákkal foglalkoztak, a témakörnek inkább elméleti megközelítést adták. *Otto Sebek* az éghajlatváltozásnak a termés mennyiségére gyakorolt várható hatásával is foglalkozott. Az előadássorozatot *Vadász Vilmos* előadása fejezte be, amely már a jövő útjait mutatja, a műholdfelvételek agrometeorológiai felhasználásáról beszélt.

A Vándorgyűlésen elhangzott előadások egy kötetben jelentek meg, magyar orosz és szlovák nyelven. A kötetet minden megjelent a helyszínen megkapta.

Az előadássorozat *Szász Gábor* zárásával ért véget, melyben bejelentette, hogy a következő Vándorgyűlés 1987-ben Brnóban (Brno) lesz, s az éghajlatváltozás-, éghajlatingadozás kérdéseivel foglalkozik majd.

Augusztus 23-án este került sor a baráti vacsorára, ahol több pohárköszöntő hangzott el magyar és szlovák részről, a közös vándorgyűléseket, a közös munkát köszöntve.

Másnap, szombaton kirándultak a Vándorgyűlés résztvevői. A túra célja a Nyíregyházi Agrometeorológiai Observatórium és Meteorológiai Főállomás, valamint a Napkori Radarmeteorológiai Observatórium volt.

Az Agrometeorológiai Observatóriumban dr. Kiss Attiláné observatóriumvezető, valamint Gyüre László főállomásvezető köszöntötte a vendégeket. A szakmai bemutató mellé frissen szedett barackkal és főtt kukoricával is kedveskedtek. A napkori radarállomáson *Dombai Ferenc* és *Tóth Sándor* köszöntötte a vendégeket. Előadásukban beszámoltak az observatórium munkájáról, valamint a radarmeteorológiai feladatokról és lehetőségekről.

Reméljük, hogy minden kedves vendégünk kellemes emlékekkel távozott Magyarország legdinamikusabban fejlődő városából, a Vándorgyűlésnek otthont adó Nyíregyházáról.

Dr. Dunkel Zoltán

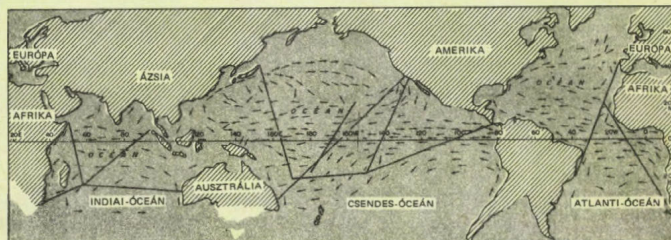


OLVASTUK ...

KERESKEDELMI HAJÓK FIGYELIK AZ OCEÁNOK HŐTARTALMÁT

Az óceánban felhalmozódott hő mennyisége fontos éghajlati tényező: nagysága módosítja a kicserélődés intenzitását a légkör és az óceán között, ugyanakkor a felmelegedett víztömeg meghatározza a nagy anticiklonok földrajzi eloszlását is.

Általánosságban azt lehet mondani, hogy az egyenlítői övezetekben felmelegedett víztömeget a passzát szelek nyugati irányba fújják el, ily módon a melegvíz összegyűlik a Csen-



des- és az Atlanti-óceán nyugati övezetében. (Az Indiai-óceánon más a helyzet, ott a monszunok megfordulása is szerepet játszik).

A TOGA (Trópusi Óceánok és a Globális Légkör) elnevezésű nemzetközi kutatási program célja az, hogy közel valósidejű adatokat szolgáltatson az óceánok hőmérsékleti struktúrájáról, és ezzel elősegítse a klímaváltozások vizsgálatát. Konkrétan: a középtávú előrejelzések pontossága jelentősen növelhető, ha ezt a paramétert is figyelembe veszik az éghajlati modellek készítésénél. Valóban, az ok- és okozati összefüggéseket a meleg víz nyugati irányú mozgása, valamint a polinéziai ciklonok keletkezése között 1983-ban a gyakorlat is igazolta.

A meteorológiai műholdak jelen generációja csak a tengerfelszín hőmérsékletét méri, és nem képes a hőtartalom megállapítására. Erre a kutatóhajók sem alkalmasak (csekély számuk miatt). Tehát az egyetlen lehetséges megoldás a kereskedelmi hajók felhasználása, amelyek a vizsgált térségben egyébként is közlekednek.

1979 óta rendszeres tengervíz-hőmérséklet-mérések folynak az Új Kaledónia, Japán, Kalifornia, Tahiti és Panama útvonalakon közlekedő hajókon, 475 m merülésű fedélzeti bathytermográfokkal. Ezek vékony acélhuzalra rögzített termisztort engednek le a mélybe ismert sebességgel, miközben az érzékelőhöz kapcsolt mikroprocesszoros mérőműszer felrajzolja a hőmérsékleti profil, amit néhány perc múlva – valósidőben – a nagy előrejelző központokba is eljuttatnak a számítógépes előrejelzési modellekben történő felhasználásra. A kereskedelmi hajók az adatátvitelre az ARGOS műholdas távközlési rendszert használják.

Az 1982/83-ban világszerte tapasztalt éghajlati anomáliák azt is bizonyították, hogy az eddigi tengervíz-hőmérséklet mérőhálózat sűrűsége elégtelen, továbbá mindhárom óceánra ki kellene terjednie. Ezért az utóbbi években további hajózási útvonalakat vontak be a működésbe, főleg olyanokat, amelyek az Egyenlítő térségét is érintik. Az ábra folyamatos vonallal jelzi ezen hajózási útvonalakat és nyilakkal az eddig feltárt hőáramlásokat.

ARGOS Newsletter,
1985. február

KLIMATOLÓGUS A BÍRÓSÁG ELŐTT

Kanadában, a Torontó repülőtérén levő „Ontario Időjelző Központ”-ban, *Dave Murdoch* klimatológusnak eléggé szokatlan, de mindenképpen izgalmas foglalkozása van: munkaidejének mintegy 40 %-át a törvényszéken tölti, ahol gyakran eskü alatt kell vallomást tennie. A Kanadai Meteorológiai Szolgálat alkalmazásában áll 30 éve és ezen idő alatt bűnügyi szakértővé vált, különösen olyan esetekben, amelyek meteorológiai bizonyítást is igényelnek. *Murdoch* úr az első személy Kanadában — és valószínűleg az egész világon — aki a helybeli rendőrségi főiskolán „törvényszéki klimatológiát” tanít. *D. Murdoch* munkája során gondosan elemzi a klímaészleléseket, az időjárási térképeket és műholdfelvételeket és így készül fel — a néha bizony könyörtelen — keresztkérdésekre a bírósági tárgyalás során. Egyik érdekes esete volt az alábbi:

1978. február 15-én az Ontario melletti Brantfordban eltűnt egy 9 éves kislány. Osztálytársai aznap reggel még együtt játszottak vele az iskola udvarán. Holttestét négy nappal később találták meg, teljesen felöltözve, a hóban fekvé, nem messze egy folyótól. Arcát hókristályok lepték be. A rendőrség először úgy vélte, hogy a kislány megfagyott, azonban nem tudta megállapítani a halál beálltának pontos időpontját és így azt sem, hogy az áldozat milyen hosszú ideig feküdt a hóban. Torontóban az Orvostani Intézetnek van egy ún. klímazobája, amelyben különböző időjárási körülmények hatása tanulmányozható az emberi szervezetre. *Murdoch* úr az Intézetnek megadta a kislány eltűnésének négy napja során mért hőmérséklet-, szélirány- és szélsébség-adatokat. Az adatsorok alapján a klímazobában reprodukálták a kérdéses időszak meteorológiai viszonyait. Egy másik értékes információt is feltárt a klimatológus szakértő: a négy nap során csak egy rövid ideig esett a hó, amellel ennek a havazásnak a kez-

dete és vége is pontosan megállapítható volt. Mivel a hó a kislány arcán megolvadt, a nyomozók biztosra vették, hogy teste a havazás kezdetén még meleg volt. Ez viszont azt bizonyította, hogy halála csupán néhány órával azután következett be, hogy utoljára látták az iskolában.

A gyanu ekkor a szerencsétlenül járt kislány mostohaapjára terelődött, aki a négynapos időszakra ugyan alibit igazolt, kivéve pont azt a néhány órát, amikor a fentiek szerint az áldozat halála bekövetkezett.

A bíróság a közvetett bizonyítékok alapján a mostohaapát bűnösnek találta és elítélte...

WMO BULLETIN 1984. 1. sz.

Hasonló eset hazánkban is előfordult a 70-es években: a nyomozás során perdöntő bizonyíték volt a Tájékoztató osztálytól kapott időjárási információ.

A szerkesztő



SZÁMÍTÓGÉP A MEZŐGAZDASÁGBAN

Az *AgriData Resources Inc.* és a *Tandy Corporation* közös vállalkozása a hatalmas mezőgazdasági ágazathoz viszi közelebb a számítástechnikát. Az *AgriData* elnöke szerint a korszerű agrokémia, a gépesítés és a genetika hihetetlen mértékben megnövelte a mai gazda termesztési lehetőségeit. Amit viszont a legtöbb farmer máig sem tanult meg, az az üzlet technológiája: pénzügyek, marketing, ügyvitel és irányítás, ami a többi ágazat üzletemberei számára magától értetődő. A farmerek soha nem kapták igazán kezükbe az információ hatalmát; egy átlagos tőzsdéshez képest mindig messze lemaradtak ezen a téren. Az Egyesült Államokban kb. 2,4 millió farm van, ezek közül mintegy 200 000 adja a teljes mezőgazdasági termelési

értéknek 60 százalékát, és keresi meg a farmok összes bevételének kb. 87 százalékát. A 200 000 nagygazdaság közül a becslés szerint talán húszezerben működik számítógép. A farmonkénti termelési kiadások értéke 400 ezer dollár körül van. Mivel pedig gazdálkodásukban igen sok olyan tényező van, amelyeket nem tudnak befolyásolni, az ezekről szóló információknak nagy anyagi jelentőségük van.

Az *AgriStar* országos adathálózat tartalmilag a farmerek igényéhez igazodik. Fő vonzereje a tőzsdei információkban rejlik. A sertéshús naprakészen közölt ára, a kukorica ártrendje, a chicagói tőzsde szójababkötései ismeretében pontosabban és biztonságosabban tervezhető meg a vetésszerkezet vagy a betakarítási idő.

Ezenkívül az AgriStar az Egyesült Államok minden egyes államára friss meteorológiai prognózisokat közöl, de idegen országok időjárási becsléseit is megadja, aminek alapján a külföldi terméshozamok, és így a piaci árak alakulás felbecsülhetők.

A hálózat 1982 novemberétől 1983 januárjáig körülbelül kétezer előfizetőt szerzett. Az alapberendezés egyszerűen egy képernyős terminálból és egy modemből áll, de a gyártó *Tandy* és a szolgáltatást forgalmazó *Radio Shack* személyi számítógépek eladását tűzte ki célul. A szolgáltatás tartalmát folyamatosan bővítik; gazdálkodási és elemző programok használata, kormányrendeletek téma mellett egy úgynevezett „mezőgazdasági termelési enciklopédia” áll majd az előfizetők rendelkezésére, amely körülbelül 25 000 tárgyszavában a különféle termesztési technikákkal foglalkozik, cikkgyűjteményt tartalmaz a *FarmFuture* folyóiratból (ez szintén az *AgriData* kiadványa), és más sajtótermékekből. Bekapcsolódik az előfizethető adatbázisokból készült gyűjtemény, amely például a különféle vegyszerek, takarmányok helyes használatához ad szaktanácsokat.

A szolgáltatás működésmódja is bővül, a farmerek párbeszédes üzemmódban egymással is kapcsolatba kerülhetnek, esetleg a terményeiket és állataikat felvásárló ügyfelekkel is. A mezőgazdasági gépek, vegyszerek stb. eladói hirdetési eszközként használhatják majd a hálózatot.

Számítástechnika

MAGYARORSZÁG IDŐJÁRÁSA 1985 nyarán

Csapadékszegény, igen változékony
időjárású nyár

Június eleje még viszonylag hűvös és csapadékos volt, azonban hamarosan melege fordult az idő. A nappali felmelegedések hamarosan meghaladták a 25 fokot, sőt délen elérték a 30-33 fokot is. Ekkor még úgy tűnt, hogy igazi napos, meleg nyárnak nézünk elébe. Június 9-től azonban hűvös légkörmegkeletcsökkenés is, ez június 16-áról 17-ére történt, s jelentősége abban áll, hogy 17-én a hőmérséklet maximumértéke országsszerte 15 fok alatt maradt. Ebben a hónapban jelentős napfényhiány mutatkozott: az ország területének nagy részén a sokévi átlaghoz viszonyítva 40-60 órával, a Nyírség területén 80-100 órával kevesebbet sütött a nap. A havi hőmérsékleti összegben és a napfénytartamban mutató számottevő negatív anomáliák kedvezőtlenül hatottak a kapásnövények fejlődésére, és késleltették a búza érését. Június csapadékelátottsága a nyári időszaknak megfelelően alakult: zivatarok idején kisebb területeken rövid idő alatt nagy mennyiségű csapadék hullott, azonban a havi csapadékösszeg csak az ország területének kb. egynegyedén haladta meg az átlagértéket. Ugyanakkor a hűvös időjárás miatt kisebb volt a párolgás, ezért a talaj a tavasszal felhalmozódott

nedvességtartalomból csak keveset veszített, s ennek következtében a Dunántúl nyugati részén, Szabolcs-Szatmár megye keleti részén, valamint Békésben a talaj a mezőgazdasági gépek számára nehezen járhatóvá vált.

Július első harmadának időjárása nem sok jóval biztatott. A nappali felmelegedés csak ritkán haladta meg a 25 fokot, helyenként pedig a 20 fokot sem érte el. A zivatarok hazánk egyes részeiben nemcsak bőhozámu esővel, hanem jégveréssel és erős szélrohammokkal is párosultak. A hónap hátralevő harmadának nagy részét már az évszaknak megfelelő meleg, napos időjárás jellemezte. A nappali felmelegedés jóval meghaladta a 25 fokot, nemritkán a 30 fokot is. Volt olyan nap, amikor a kora délutáni órákban 35-37 fokig emelkedett a hőmérő higanyszála. A kánikulát csak két ízben zavarta meg egy-egy hidegfront, nem tartós, de erőteljes lehűlést okozva. Akárcsak júniusban, most is egy nap alatt 10 fokot csökkent a hőmérséklet maximumértéke. Két érdekes hőmérsékleti jellemzője volt még a hónapnak: július napjainak túlnyomó részében az ország területén 5 fokonál nagyobb hőmérsékleti különbség uralkodott. Különösen szembe tűnt ez az ellentét 21-én, ekkor ugyanis délnyugaton csak 17-18 fok közötti, északkeleten viszont 29-30 fok közötti csúcsértékeket mértek. A másik említésre méltó jelenség az volt, hogy — főleg a harmadik dekádban — egyes éjszakákon 20 fok fölötti minimumértékeket észleltek, s az ilyen meleg éjszakák kedvezőtlenül hatnak a növények fejlődésére. A havi csapadékhözam csak a Dunántúl egyes körzeteiben, illetve az Alföldnek kb. egyharmadán érte el az

átlagot, egyébként az ország területének nagy részén 20 mm-nél nagyobb csapadékhányt kellett elkönyvelni. Mindez a talaj nedvességtartalmában is megmutatkozott. Július elején még országsszerte kedvező volt a talaj nedvességtartalma, a hónap végére ez már csak a délnyugati, illetve az északkeleti területekről mondható el.

Augusztus hónap időjárásában meleg és hűvös periódusok váltakoztak, mégpedig az idei nyárra jellemzően szokatlan gyorsasággal. Háromszor is tapasztalhattuk, hogy egyik napról a másikra 10-15 fokos hőmérsékletcsökkenés történt. Ugyanakkor a kánikulai időszakokban nem voltak ritkák a 33-35 fokot elérő csúcsértékek. A hőségnapok száma a Dunántúlon 6-10, az Alföldön 10-14 között volt, s ez 3-5 nappal többnek bizonyult mint a sokévi átlag. Az éjszakai lehűlések legfőbb jellemzője az volt, hogy a meleg periódusokban nemritkán 18-20 fok közötti hajnali minimumértékeket mértek. A csapadékelátottság a hónap egészét tekintve kedvezően alakult: néhány kisebb körzet kivételével, a csapadék mennyisége 60-100 mm között volt, sőt néhány helyen 100 mm feletti hozamokat észleltek. Mivel a legtöbb csapadék a hónap elején hullott, a termőtalaj sokat veszített nedvességtartalmából. A hónap végére a felső 0-50 cm-es termőrétegben szinte mindenütt 40 százalék alá csökkent a talaj nedvességtartalma. Valamivel kedvezőbb képet mutatott az 50-100 cm-es réteg vízkészlete, itt általában 40 százalék fölötti, Zirc és Jószafoi térségében viszont 80 százalék fölött volt a talaj hasznosítható vízkapacitásának értéke.

Bézsényi Ákos

Állomások	HŐMÉRSÉKLET								
	Havi középérték	Eltérés az átlagtól	Abszolút maximum	Nap	Abszolút minimum	Nap	Absz. min. a talaj mentén	Nap	Napok száma *
				1	2				

1985. JÚNIUS

Szombathely	15,7	-1,9	29,1*	7	4,6	16	3,3	19	3	0
Győr	16,1	-2,5	28,2	6	6,4	19	4,6	19	5	0
Keszthely	16,7	-2,0	29,8	6	6,0	19	4,6	19	5	0
Siófok	17,2	-2,1	27,8	7	9,5	10	8,5	10	5	0
Pécs	16,3	-2,7	28,4	7	6,2	18	5,4	19	5	0
Budapest	16,4	-2,9	28,1	6	6,0	10	2,7	10	6	0
Szolnok	16,7	-2,8	30,2	7	7,2	19	5,2	10	5	1
Szeged	16,9	-2,9	30,2	6	5,8	10	4,4	10	5	2
Békéscsaba	16,4	-2,9	29,5	7	6,1	10	4,2	10	5	0
Debrecen	16,1	-3,5	28,7	7	6,5	16	5,1	16	4	0
Nyíregyháza	16,3	-2,7	29,2	7	6,8	16	5,0	18	5	0
Miskolc	16,0	-2,6	27,6	6	5,0	10	4,2	10	4	0

JÚLIUS

Szombathely	19,9	+0,3	32,1	29	8,1	22	7,3	22	21	4
Győr	20,5	-0,1	33,9	29	8,6	4	6,4	4	20	8
Keszthely	20,9	+0,3	32,6	29	9,3	22	8,2	22	21	8
Siófok	21,4	+0,1	33,0	29	12,0	5	10,7	5	21	3
Pécs	21,4	+0,3	35,1	29	10,5	11	8,2	11	21	9
Budapest	21,0	-0,5	34,9	29	10,0	11	7,6	22	21	8
Szolnok	21,1	-0,5	35,1	29	10,0	4	8,0	7	22	8
Szeged	21,0	-0,8	35,1	29	9,7	4	7,9	4	22	10
Békéscsaba	20,7	-0,7	36,2	29	8,7	6	7,2	6	21	9
Debrecen	20,2	-1,5	33,3	29	9,1	10	7,8	10	21	7
Nyíregyháza	19,7	-1,1	32,7	29	9,4	4	6,0	4	20	3
Miskolc	19,6	-1,0	33,4	29	8,1	4	3,5	3	20	4

AUGUSZTUS

Szombathely	19,3	+0,3	31,5	15	9,1	19	7,8	19	19	5
Győr	19,5	-0,4	32,4	15	10,7	3	9,0	19	19	9
Keszthely	19,9	-0,5	33,0	25	9,5	19	9,0	10	23	5
Siófok	20,4	-0,4	32,8	15	13,6	7	13,2	10	17	8
Pécs	20,8	+0,2	33,6	25	10,6	8	9,4	8	23	10
Budapest	20,9	+0,2	34,6	6	10,0	19	5,5	5	24	10
Szolnok	21,1	+0,1	33,9	6	9,9	5	7,0	5	25	12
Szeged	20,9	-0,2	34,8	6	10,5	5	7,5	19	26	12
Békéscsaba	20,9	+0,1	34,2	26	10,5	19	8,8	19	26	12
Debrecen	20,4	-0,4	33,6	26	10,6	9	9,8	10	24	12
Nyíregyháza	19,7	-0,5	31,8	15	11,0	9	9,0	4	22	8
Miskolc	19,6	-0,3	32,6	16	9,4	10	8,2	10	23	8

* Napok száma: 1 nyári napok száma max. $\geq 25^{\circ}\text{C}$
2 hőségnapok száma max. $\geq 30^{\circ}\text{C}$

Állomások	NAPSÜTÉS		CSAPADÉK						TALAJNEDVESSÉG				SZÉL
	Havi összeg (óra)	Eltérés az átlagtól	Havi összeg (mm)	Eltérés az átlagtól	Eltérés az átlag %-ában	Csapadék > 1 mm	Csapadék > 5 mm	Telítettség a szántóföldi hasznos vízkapacitás %-ában (0-50 cm-es réteg)				Viharos na- pok száma	
								1-én	11-én	21-én	Utolsó napon		
Szombathely	196	-51	70	-11	86	12	6	81	76	82	89	3	
Győr	229	-38	71	+3	104	11	7	75	76	81	77	8	
Keszthely	215	-54	70	-9	89	14	4	78	65	79	86	0	
Siófok	236	-43	91	+26	140	12	7	54	60	73	87	11	
Pécs	235	-39	63	-3	95	11	5	65	58	69	70	0	
Budapest	236	-37	51	-23	69	14	4	82	70	73	75	6	
Szolnok	229	-51	40	-28	59	9	2	83	75	73	62	1	
Szeged	225	-58	35	-28	56	8	2	42	50	50	47	8	
Békéscsaba	220	-55	116	+42	157	13	5	89	95	87	83	1	
Debrecen	179	-99	70	-6	92	14	7	83	91	89	89	4	
Nyíregyháza	189	-89	62	-19	77	10	4	89	90	83	78	2	
Miskolc	170	-88	74	-11	87	13	5	78	89	78	92	0	
Szombathely	309	+44	56	-35	62	9	4	89	87	75	54	3	
Győr	331	+42	54	-13	81	6	4	77	76	68	51	7	
Keszthely	342	+47	90	+14	118	7	5	86	87	64	58	4	
Siófok	346	+39	36	-20	64	5	3	87	83	60	50	6	
Pécs	344	+33	46	-12	79	5	2	70	77	54	40	1	
Budapest	305	-3	33	-20	62	3	2	75	78	52	41	4	
Szolnok	317	+3	41	-11	79	6	3	62	68	56	43	0	
Szeged	317	-5	63	+12	123	5	4	47	58	67	49	4	
Békéscsaba	325	+14	32	-25	56	5	3	83	84	61	48	3	
Debrecen	281	-28	69	+12	121	7	3	89	89	84	61	5	
Nyíregyháza	287	-27	68	+5	108	8	6	78	82	73	70	1	
Miskolc	262	-33	34	-32	51	6	4	92	82	60	52	0	
Szombathely	260	0	66	-12	85	9	3	54	74	66	48	11	
Győr	259	-13	87	+29	150	12	6	51	79	60	62	4	
Keszthely	270	-9	57	-14	80	9	4	58	73	55	54	8	
Siófok	280	-6	65	+7	112	10	6	50	57	53	53	13	
Pécs	279	-10	48	-5	91	7	3	40	60	42	45	0	
Budapest	283	-1	54	+4	108	5	3	41	62	45	55	5	
Szolnok	285	+2	68	+25	158	5	4	43	54	42	66	0	
Szeged	291	-7	97	+50	206	5	5	49	76	49	66	7	
Békéscsaba	299	+19	68	+22	148	7	4	48	65	50	62	3	
Debrecen	283	+4	81	+20	133	7	4	61	75	55	72	9	
Nyíregyháza	268	-12	99	+27	238	8	5	70	84	77	68	7	
Miskolc	263	+3	132	+66	200	7	5	52	87	63	84	0	

XXX. évfolyam 1. szám

Dr. Ambrózy Pál — Kozma Ferencné dr.: Interjú Dr. Zách Alfrédal	2
Dr. Ambrózy Pál: 75 éves az OMSZ központi épülete	7
Dr. Bodolai Istvánné: Újabb eredmények a hidrometeorológiai és a hidrológiai előrejelzések terén	8
Dr. Bodolainé Jakus Emma: Hidrológiai egyenleg rövidtávú becslése	8
Takács Ágnes: Mennyiségi csapadék előrejelzések hidrológiai célokra	12
Homokiné Ujvári Katalin: Csapadék előrejelzések sajátos problémái	15
Mekis Éva — Dr. Szöllősi Nagy András VITUKI: Rövidtávú numerikus csapadékelőjelzés a Kálmán-szűrő alkalmazásával	17
Schirokné Kriston Ilona: A valószínű maximális csapadék becslése	21
Olvastuk ...	23
Bonta Imre: Az 1982. október elsejei nyugat-dunántúli intenzív csapadéktevékenység szinoptikus feltételei	24
Kislexikon	26
Szalma Jánosné — Dr. Stollár András: Rendkívüliségek hazánk időjárásában 1984-ben	27
Olvastuk ...	30
Dragovác Márk: A színes fotózás alapjai	31
Magyarország időjárása 1984 őszén	34

XXX. évfolyam 2. szám

Dr. Götz Gusztáv: Évtizedünk érdeklődésének homlokterében: az ÉGHAJLAT (első rész)	2
Dr. Antal Emánuel: Meteorológia és a társadalom létbiztonsága	9
Dr. Dávid Aranka: A növényállomány hatása a talaj felmelegedésére és lehűlésére	14
Gulyás Ottó: Matematikusok a meteorológiában	17
Olvastuk ...	19
Sipos Győző: A műholdas távérzékelés és alkalmazása növénykultúrák vizsgálatára	20
Makra László — Kiss Árpád — Abonyiné Palotás Jolán: Az aszály a Dél-Alföldön és a főbb mezőgazdasági kultúrák terméseredményei	25
Kislexikon	29
Puskás Márta: Rapszódikus évszakok	30
40 év képekben 1945-1985.	32
Magyarország időjárása 1984-1985. telén	34

XXX. évfolyam 3. szám

Dr. Götz Gusztáv: Évtizedünk érdeklődésének homlokterében az ÉGHAJLAT (II. rész)	2
Mezősi Miklós — Dr. Szabó Emilné: Interjú Dr. Kakas Józseffel	9
Dr. Mika János: Itt Meteor 111, Zánka!	12
Takácsné Dr. Bónis Katalin: A mesterséges eredetű légköri radioaktivitás	13
Kislexikon	18
Dr. Rákóczi Ferenc: A Venus meteorológiája (I. rész)	19
Dévényi Dezső — Pártai Lucia: Műholdas infomációk távirati formában	21
Dr. Béll Béla: Két éjszaka a kórházban	24
Dr. Hallamné Lépp Ildikó: Tornádó Kanadában	28
Dr. Roncz Béla: Városklíma mérések Egerben	31
Weingartner Ferenc: Új obszervatórium Békéscsabán	33
Dr. Csomor Mihály: Rajnoha János, 1910-1985.	34
Mezősi Miklósné: Völgyesi Sándor, 1921-1985.	34
Olvastuk ...	35
Dr. Csomor Mihály: 100 éve történt	36
Magyarország időjárása 1985 tavaszán	37

XXX. évfolyam 4. szám

Dr. Ambrózy Pál — Rákóczi Ferencné dr.: Interjú Dr. Kéri Menyhérttel	2
Kislexikon	8
Rudi Béla: Az agrometeorológiai információk hasznosítása a konzerviparban	9
Dr. Kozma Ferenc: A számítógépes termelésirányítás agrometeorológiai aspektusai	11
Dr. Varga-Haszonits Zoltán: A mezőgazdasági termelés és a meteorológia kapcsolata	14
Dr. Rákóczi Ferenc: A Venus meteorológiája (II. rész)	18
Kislexikon	20
Dévényi Dezső — Pártai Lucia: Az operatív meteorológiai infomációk automatikus ellenőrzésének módszerei	21
Dr. Böjti Béla: A XII. Nemzetközi Kárpátmeteorológiai Konferencia	26
Dr. Béll Béla: Két éjszaka a kórházban (II. rész)	27
Olvastuk ...	33
Dr. Dunkel Zoltán: Meteorológiai Vándorgyűlés Nyíregyházán	34
Olvastuk ...	35
Magyarország időjárása 1985 nyarán	37
A légkör 1985. évi számainak tartalomjegyzéke	40

