

appercipiáló készség magasabb fokán, a fogalmakhoz fűződő élmények nagyobb száma mellett újra, előlről bevezetett fogalom. Már csak azért is más, mert míg az ált. iskolában csak induktív úton vezethetünk be minden fogalmat, addig a gimnáziumban már fel kell használni a deduktív következtetések jellemeztes fizikai módszerét, még a fogalmak bevezetéséhez is! Ekkor pedig nem maradhatunk az ált. iskolában megtanult fogalmak pusztá felelevenítése mellett, hanem — a dolog természetéből kifolyólag újra be kell vezetni a legjobbat, igen kényes, nehéz fogalmat: pl. erő, tömeg, hőmennyiség, fajhő stb.

Az általános iskolai fogalomalkotás arra elsősorban jó, hogy ha valaki kijárta az iskola e 8 fokozatát, s körülnéz a világban, nem vél csodákat látni, mindenek megtalálja a tudományos, de elsősorban csak igen leegyszerűsített magyarázatát, egyszerűbb számítási feladatokat, az élet és termelő technika produkálta kérdéseit magától megoldja s alapot szerezzen a részletesebb és mélyebb továbbtanulásra. Ha eljön azonban az idő és lehetőség a fogalmak pontosabb, általánosabb és mélyebb értelmű megfogalmazására, nem szabad azt a lehetőséget elszá-

lasztanunk, hogy új, magasabb összefüggéskomplexumba ágyazzuk be és építsük fel a tartalmában is sokkal többet mondó, többet jelentő fogalmainkat.

Tehát nem az általános iskola fejlődésben levő rendszerét, színvonalát okolom azért, hogy „pillanatnyilag még nem építhetünk teljes mértékben” rá a fogalmak egyszeri megtanítása tekintetében, hanem — akármilyen iskola is legyen az, — a 12–13 évesek iskoláját nem ruházom fel olyan készségek kialakításának képességével, amelyeknek csak egy 16–17 éves fej és élményanyag együttes jelenléte adja meg a feltételét!

A fogalmak általunk megértett tartalmára is áll, hogy rajta az életkorral szerzett tapasztalatok mennyiségi növekedése minőségi változást okoz, amit nem előzhetünk meg a mennyiségi alap megkerülésével. Ebben a magasabb minőségi állapotban t. képpen újra tudatosítanunk, tanítanunk kell a fogalmakat.

Holics László

ELTE gyak. ált. isk. és gimn.
Budapest

EGYESÜLETI ÉLET — HÍREK

Az aerológia magyarországi fejlődése és a „Marcell György” Aerológiai Observatórium

Budapest délkeleti szélén, a sík alföldi tájból alig 30 méternyire kiemelkedő dombon épült fel ezelőtt hét évvel Magyarország első aerológiai observatóriuma. Az Observatórium jelentőségét akkor tudjuk helyesen értékelni, ha rövid áttekintést adunk az aerológia fejlődéséről és ennek keretében a Magyarországon végzett magaslégtér mérésekről.

A magasabb légrétegek kutatása kerek 40 évvel az Observatórium alapítása előtt már megkezdődött Magyarországon. 1913. január 3-án bocsátotta fel Marcell György, a Meteorológiai Intézet akkori adjunktusa, később igazgatója az első műszeres léggömböt a budai Rózsadomb Vérhalom-dűlőjéről. A léggömb gumiból készült, átmérője felfújt állapotban kb. 2 m volt. A léggömb alatt egy ejtőernyő volt elhelyezve, ez alatt pedig 6 m hosszú zsinóron függött a vesszőfonatú műszerkosár, benne a magaslégtér kutatására szerkesztett műszerrel, az ún. meteorográfal. A műszerben három mérőelem volt: a légnyomásra érzékeny légritkított fémszelence, a hőmérséklet hatására alakját változtató fémhőmérő és a hajszálas nedvességmérő. Mindhárom mérőelem nagyon kicsiny mozgást végez a légnyomás, hőmérséklet, illetőleg a nedvesség megváltozásakor. A mérőelemek elmozdulását áttételek útján vizsik át három írókarra, amelyek óraművel forgatott, kormozott hengerre jegyzik fel a légnyomás, a hőmérséklet és a nedvesség változásait. Ilyen műszerekkel ismerték meg a múlt század végén és a XX. század első harmadában a légkör alsó, mintegy 20–25 km magas rétegét. A kis műszeres léggömbök felbocsátását számos légiút előzte meg, amelyeknek maguk a kutatók helyezkedtek el műszereikkel a léggömb kosarában, de az utasok érthető okokból 7–8 km-nél magasabbra nem merészkedtek. A XVIII. és a XIX. században a Montgolfier-testvérek ismeretes felszállása után Charles, Glaisher, Coxwell, Mengyelejev, Assmann és Berson voltak ennek a tudományos léghajózásnak legismertebb hősei. Eredményeiket abban a tapasztalatban foglalhatjuk össze, hogy a levegő hőmérséklete felfelé haladva általában csökken, mégpedig kilométerenként 5–7 fokkal.

A kis meteorográfokat papírléggömbökre, később gumiléggömbökre kötötték. Ezekkel jóval nagyobb magasságokat értek el, másrészt pedig a kisebb költség miatt kis államok is vállalkozhattak felbocsátásukra.

Papírléggömbökre kötött kis műszerekkel találta meg a századforduló éveiben a francia Teisserenc de Bort azt a légréteget, amelyben a hőmérséklet felfelé irányuló erős csökkenése megszűnik s innen kezdve a hőmérséklet alig változik vagy éppen emelkedik a magassággal. Ezt a réteget kezdetben felső inverzióknak, vagy meleg rétegnek, később sztratoszférának nevezték, az alatta levő réteg pedig a troposzféra nevet kapta (l. 9. ábra).

A felső légrétegek rendszeres kutatását a Nemzetközi Meteorológiai Szervezet 1894-ben tartott ülésén nagyon hasznosnak ítélte s két évvel később ennek szervezésére létrehozta az Aeronautikai Bizottságot. Ez a szervezet különböző nevek alatt egészen a második világháborúig irányította a magaslégtér kutatását. Ebben az időszakban évente 30–40 ún. nemzetközi napon ugyanabban az időben emelkedtek fel a műszeres léggömbök minden aerológiai observatóriumban.

Az Aeronautikai Bizottság jegyzőkönyveiből számunkra két érdekes megállapítást idéznék.

1. Monacói ülés 1909.: „A Bizottság megállapítja, hogy a Magyar Alföldön a szabályszerű aerológiai megfigyeléseknek nagy tudományos és gyakorlati jelentősége lenne. Ezért azt a kívánságát fejezi ki, hogy ezen a területen állandó aerológiai observatórium épüljön”.

2. Bécsi ülés 1912. „A Bizottság megismétli azt a kívánságát, hogy Magyarországon aerológiai observatórium épüljön és kéri, hogy ennek keresztülvételét a lehetőséghez képest gyorsítsák meg.”

Ez a két határozat arra mutat, hogy az aerológiai observatóriumokból elegendő sűrűségű hálózatot akartak létrehozni az időjárási jelenségek térbeli vizsgálatára.

Jóllehet a javasolt observatórium csak 40 év múlva épült fel, Magyarország 1913-ban csatlakozott az aerológiai mérésekhez és a két világháború okozta megszakításokkal egészen 1949-ig részt vett a nemzetközi napok munkájában. 1949-ben a nemzetközi napok szervezete az aerológia fejlődése során fölsőlegessé vált s ezzel a magaslégtér kutatásának első fejezete lezárult.

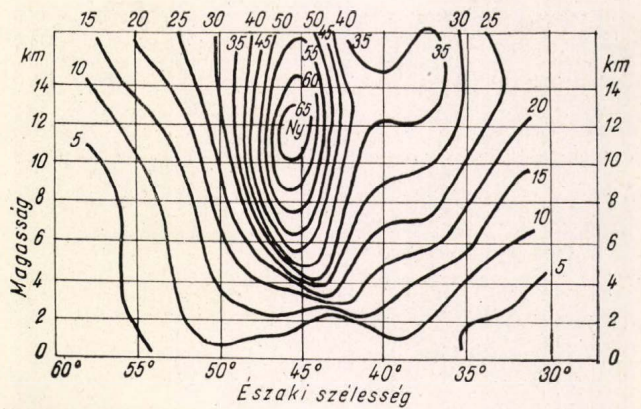
A nemzetközi napok egyidejű mérései lehetővé tették, hogy a meteorológusok függőleges kiterjedésükben is megvizsgálhatták az időjárási folyamatokat. Pontosabban tanulmányozhatták a légtömegek helyi átalakulását és függőleges méretekben is megfigyelhették, hogy a sarkvidékek hómezői fölött, az óceánokon, a

különböző szárazföldi tájak fölött, a szubtrópusokon hogyan alakul át hő- és nedvességtartalmában az ott megállapodott légtömeg. Megismerték a különböző légtömegeket elválasztó határretegek kiterjedését, fizikai sajátosságait és lehetővé vált az időjárási frontok finomabb vizsgálata.

Erre az időszakra esik a légtömegek fizikájának gyors fejlődése, a légtömegek energiakészletének, hő-tartalmának, potenciális energiájának, latens hőjének pontos számbavétele és ezek átalakulásának nyomon követése az időjárási jelenségek (felhőképződés, csapadék-kihullás stb.) folyamán. Különösen gyors fejlődésnek indult ebben az időszakban a légköri sztatika, termodinamika és az energetika. Amikor az állomások száma kellőképpen megnőtt, az egyidejű adatokból megszerkesztették a magasabb légrétegek időjárási térképeit. Ezek a légnyomás területi ábrázolásával tekintetért nyújtottak a magasabb légrétegek légviszonyait s meg-alapozták a légköri kinematika és hidrodinamika fejlődését. Különösen gyümölcsöző volt az áramlások konvergencia és divergens jellegének tanulmányozása, amely főként a 30-as évek repülőgéppel végzett műszeres fel-szállásaival indult meg. A konvergencia és divergens áramlások okozta légnyomásváltozások igen élesen jelentek-ztek az időjárási folyamatok okozati összefüggéseinek vizsgálatában s a hidrodinamika alapegyenleteiből ki-induló numerikus előrejelzéseknek ma is legfontosabb tényezői. A magyar aerológiai kutatás ezekhez az eredményekhez léggömbökkel és repülőgépekkel végzett mérési adataival, összefoglaló feldolgozásaival és elméleti kutatómunkával járult hozzá. A mérések szervezésében és irányításában *Marcell György* mellett kiemelkedő szerepe volt *Hille Alfrédnek* és *Tóth Géznak*. *Steiner Lajos* elméleti kutatásai a termodinamika és a légköri energetika területén nemzetközi viszonylatban is alapvető eredményeket hoztak.

A felszállásokat csekély anyagi támogatással, meglehetősen mostoha körülmények között hajtották végre. A legnagyobb nehézséget az okozta, hogy a méréseknek 40 éven át nem volt állandó otthona, váltakozva hét különböző helyről, fészerekből, deszkabódékból és rak-tárakból bocsátották fel a műszereket. Mindamellett — legalábbis az eredményeket tekintve — a hazai aerológiai kutatásnak erre az időszakra elismeréssel tekinthetünk vissza.

A második világháborút megelőző években a repülő-gépek egyre növekvő utazó magassága fokozottabb igényeket támasztott az aerológiai mérésekkel szemben. Az írószerkezettel ellátott meteorográfok a magasság szempontjából kielégítették volna ezeket az igényeket, de gyakran hetekig kellett várni, amíg a megtalálók a műszereket visszaküldték a felbocsátó állomásnak. A repülőgépes felszállások azonnal felhasználható adatokat szolgáltatottak, de a mérések csúcsmagassága alig haladta meg az 5000 m-t. A repülőgépek eligazítására nagy terület (világűrsek) fölött áttekintést kellett kapni a magasabb légrétegek egyidejű időjárási állapotáról, sőt ennek átalakulását, várható fejleményeit is számításba kellett venni. Nyilvánvaló, hogy ezt a fejlődésnek induló új tudományágat: a *szinoptikus aerológiát* nem elégítették ki a repülőgéppel végzett mérések. Igaz, hogy a legfontosabb időjárási folyamatok (felhő- és csapadékképződés, frontális jelenségek stb.) az átkutatott 5 km-es légrétegekben játszódnak le, de nem kétséges, hogy ezeket nem érthetjük meg a felsőbb légrétegek vizsgálata nélkül. Új feladatot jelentett ennek a fiatal tudomány-ágnak a repülést különösen befolyásoló áramlási viszonyok kutatása. A második világháború végén a katonai repülőgépek már a sztratoszféra alján repültek s megtalálták a később *jutóáramlásnak* (jet stream) nevezett, sajátos szélvihart. Ez az erős szél lapos áramcső formájában jelentkezik 8–12 km magasságban, rendszerint a sarki és a mérsékeltövi levegő határán, az ún. polárfiórt mentén, de megtalálták a szubtrópusokon húzódnó frontzóna fölött is. Ennek az áramcsőnek a hossza több ezer kilométer lehet, szélessége többszáz km, magassága ellenben csak néhány km-t tesz ki. A cső tengelye mentén nagyon erős, 150 km/óra-nál nagyobb



1. ábra. Futóáramlás 1946. decemberében a Michigan-tó fölött. A görbék a nyugati szélkomponens nagyságát mutatják m/sec egységekben a 80°W meridiánon átfektetett függőleges síkban. A görbesereg Ny jelzésű magjában 65 m/sec-nál nagyobb a szél nyugati komponensének értéke. Innen (a futóáramlás tengelyétől) kifelé haladva a szél sebessége csökken.

sebességű szél fúj. A belejutó repülőgépet különösen próbára teszi a szélnyíródás, az az erős sebességváltozás, amelyet a futóáramlás függőleges kiterjedésében tapasztaltak. A futóáramlásban fellépő erős turbulencia kritikus lehet a repülőgépek számára (1. ábra).

Az a néhány áramlási térkép, amelyet a nagyobb magasságok légnyomási térképeivel egybevetettek, azt mutatta, hogy a szél nem mindig tesz eleget az ismert ún. bárikus széltörvényeknek, amelyek a légnyomás-élszlárból pontosan megadják minden pontban az ún. gradiensszél sebességét és irányát. Miután a szél elsőrendű tényezővé vált, nagyobb erőfeszítéseket kellett tenni a valódi légáramlásnak nagyobb magasságokban való mérésére, amit azelőtt a kellő sűrűségű légnyomás-adatból számított gradiensszéllel pótolhatónak gondoltak. A távcsövekkel követett kis szélmérő léggömbök azonban csak a felhőszintig nyújtottak adatokat.

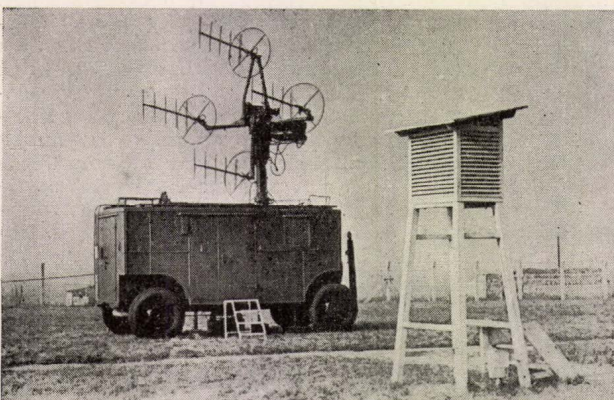
Az igények nemesak a függőlegesen, hanem a víz-szintesben is fokozódtak. A nagyméretű időjárási folyamatok egész világrészre kiterjednek, például nem tartozik a ritkaságok közé az európai méretű mérsékeltövi ciklon sem. Ezek mozgásának, változásainak áttekintéséhez legalább hemiszférius ábrázolásra van szükség. Így vonták be a szinoptikus meteorológia munkaprogramjába az ún. félgömbi térképeket, amelyek a Föld egy-egy félgömbje fölött a sarkvidéktől az egyenlítőig ábrázolják a levegő pillanatnyi állapotát. Természetesen ezeket nemesak a talajra, hanem a magasabb légrétegekre is el kellett készíteni, mégpedig a gyakorlat számára alig néhány órával az egyidejű észlelések után. Ezek a követelmények nagy lendületet adtak a meteorológia szorosabb értelemben vett geofizikai fejlődésének, mivel megkövetelték a légköri jelenségeknek az egész Földre kiterjedő vizsgálatát.

A feladatot a rádiótechnika nagyarányú felhasználásával oldották meg. A mérések céljára a 30-as évek elején elkészült a szovjet *Molcsanov*, majd a német *Duckert* rádiószondája, amelyet számos új típus követett. Jelenleg mintegy 15 fajta rádiószondát használnak a Föld különböző országaiban, de ennél jóval több, kb. 60 féle rádiószonda ismeretes. Ezeknek a műszereknek az a feladata, hogy léggömbökre kötve minél nagyobb magasságig lemérjék a levegő nyomását, hőmérsékletét és nedvességtartalmát s a mért adatokat még repülés közben rádióadójuk útján közvetítsék a talajállomáshoz (2. ábra).

Ennek megfelelően a rádiószonda a mérőelemekből, a rövidhullámú adóból és a közvetítő berendezésből áll. Az utóbbi a mérőelemek időjárásokozta megváltozásait az adó felé továbbítja. A mérőelemek a legtöbb rádiószondánál mechanikusan működnek: alakjukat változó-



2. ábra. A magyar gyártmányú frekvencia-szonda felbocsátása. A léggömb alatt papír ejtőernyő.



3. ábra. Malachit típusú rádióteodolit a pestlőrinci Aerológiai Observatórium műszerkertjében



4. ábra. Az Aerológiai Observatórium rádiószondázó és központi épülete.

tatják a légnyomás, a hőmérséklet és a nedvesség hatására. A mérőelemek elmozdulása a rezgőkör kapacitásának vagy önindukciójának változtatása révén ismert módon változtatja az adó hullámhosszát (*frekvencia-szondák*), vagy változó s az időjárási elemektől függő időközökben megszakítja az adó kisugárzását (*időjel-szondák*), vagy pedig meghatározott jelkulcsban morsetűk formájában közli a mért nyomás-, hőmérséklet- és nedvességértékeket (*jeladó szondák*). Vannak olyan rádiószondatípusok is, amelyekben két időjárási elemek: a hőmérsékletnek és a nedvességnek mechanikus mérőelemeit elhagyták s helyettük olyan mérőelemeket vezettek be, amelyek kapacitásukat vagy ellenállásukat változtatják a hőmérséklet, illetőleg a nedvesség hatására (*elektronikus szondák*).



5. ábra. A szélmérő léggömb követése pilotteodolittal

A magassági szél mérését a felhőkben és a felhők fölött a rádiószondák adójának iránymérő antenna-rendszerrel való követésével oldották meg (*rádióteodolitok*). Az ily módon nyert két irányszög a rádiószonda adataiból kiszámított magassággal meghatározza a léggömb mindenkor helyzetét (3. ábra). A radarmódszer alkalmazásával a szélméréseket függetleníthetik a rádiószondáktól. Ehelyett könnyű fémhálóból készült reflektáló testet erősítenek a léggömbhöz. Végül a nyert adatok gyors továbbítására rendelkezésre állt a két világháború között mintaszerűen megszervezett meteorológiai telekommunikációs hálózat, amely pontos menetrend szerint kezdetben rádióadók útján, ma távgepíró vonalakon néhány óra alatt minden központba eljuttatja az északi félgömbön naponta négyszer végzett észlelések anyagát.

Magyarországon a rendszeres rádiószondás méréseket 1949-ben kezdtük meg. Eleinte kétnaponként, 1950-től már naponként, 1953-tól naponta kétszer, 1959-től kezdve naponta 4-szer bocsátottuk fel a rádiószondákat. Ez a gyors fejlődés indokoltá tette a 40 éve időszerű observatórium felépítését és ezzel végre ott-hont kaptak Magyarországon az aerológiai mérések.

Az Aerológiai Observatórium két nagyobb és három kisebb épületét az *Országos Meteorológiai Intézet* 1950–54 között építette fel Budapest XVIII. kerületében Pestlőrincen (4. ábra). Fejlesztése és alábbi ismertető-dő megszervezése dr. Dési Frigyes egyetemi tanárnak, az Intézet igazgatójának nevéhez fűződik.

1952-től kezdve a rádiószondákat az observatórium-ból bocsátottuk fel, 1954-ben megkezdtük a rendszeres éghajlati megfigyeléseket, a napsugárzás rendszeres mé-

rését, ugyanekkor megkezdődtek az ionoszféramérések, 1959-ben pedig ideköltözött az éghajlatkutató osztály is. Jelenleg az Observatóriumban dolgozók száma 56, közülük 38 egyetemet végzett meteorológus.

Az Observatórium legrégebbi osztálya a *Rádiószondázó Osztály*. Feladata a napi 4 rádiószonda felbocsátása, naponta 6 léggömbös magassági szélmérésnek, továbbá az éghajlati észleléseknek elvégzése (5. ábra). A mérések adatait az osztály közvetlenül azok befejezése után távgépírón továbbítja a Meteorológiai Intézet hírszolgálati központjához, ez pedig továbbadja a nemzetközi hírközpontok felé.

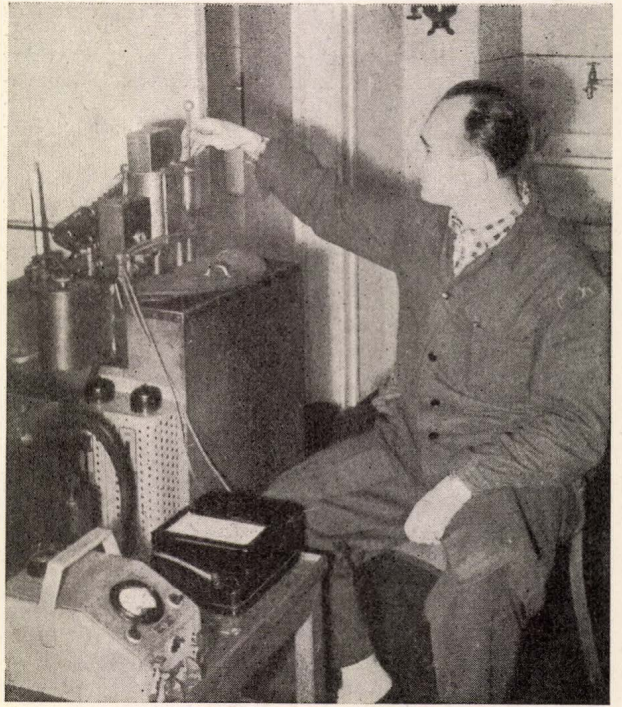
Az *Aerológiai Laboratórium* (6. ábra) mindenegyes rádiószondát felbocsátása előtt a felszállás körülményeinek megfelelő nyomás-, hőmérséklet- és nedvességváltozások mellett, tehát 1100 mb és 30 mb között, 40 °C és -70 °C között, illetőleg 100% és 20% relatív nedvesség között hitelesít. Gondoskodik a rádióteodolit műszaki és méréstechnikai üzemeltetéséről és számos más műszer-hitelesítési feladatot végez.

Az *Aerológiai Osztály* feladata egyes kutatási témák kidolgozása. Ezek elsősorban olyan magaslégtörési jelenségekre irányulnak, amelyek Magyarország időjárásában a földrajzi helyzet, a természeti adottságok következtében sajátos módon jelentkeznek. Ilyen kutatási feladatok: a legnagyobb csapadékot adó zivatarok kialakulásának termodinamikai vizsgálata, a sztratoszféra határán jelentkező gyors változásoknak, a futóáramlás megjelenésének időjárási vonatkozásai, a közép-európai rádiószonda-típusok összehasonlítása, a csapadék elemeinek (cseppnagyság, kristályformák) vizsgálata a felhőben és az esési térben lejátszódott fizikai folyamatok követése céljából.

A *Sugárzási Osztály* felállításával kezdődött voltaképpen Magyarországon a rendszeres és műszertanilag jól megalapozott napsugármérés. Az Observatóriumban regisztráló műszerek jegyzik a Nap irányából érkező direktsugárzást, a napkorong leárnyékolásával mérhető diffúz égboltsugárzást és a vízszintes síkra érkező összes, ún. globálsugárzást. Rendszeresen végzett mérésekkel meghatározzák a napszínkép egyes tartományokban (4 színképtartományban) a közvetlen sugárzás erősségét, a talajról reflektált sugárzást. Hasonló regisztrálásokat végeznek Magyarország 13 állomásán és részletes színképi méréseket az Observatóriumban kívül Kékestetőn és Siófokon. Az utóbbi három mérősorozat alapján összehasonlítjuk a nagyváros, a legmagasabb magyarországi hegyvidék és a Balaton déli partvidékének sugárzási viszonyait.

A *Légelektromos Osztály* legfontosabb programja a csapadék és a légtörési szennyeződés radioaktivitásának mérése (7. ábra), továbbá az ionoszférarétegek jellemző adatainak (magasság, határfrekvencia) óránkénti regisztrálása (8. ábra). Ezeknek az adatoknak mind geofizikai, mind hullámterjedési, tehát rádióhírközlési szempontból nagy jelentőségük van. További ismertetésüktől eltekinthetünk, mivel folyóiratunk 1958 évi 7. számában ezzel a kérdéssel Flórián Endre részletesen foglalkozott.

Az *Éghajlati Osztály* programja három részre tagolódik. A klimatográfiai csoport feladata Magyarország klimatográfiájának a nemzetközi megegyezések szerint történő elkészítése. Ennek eredményeképpen 1960-ban megjelenik Magyarország klímaatlása, amely az 1901–1950. időszak éghajlati adatai alapján áttekintést ad a legfontosabb éghajlati elemek országos eloszlásáról, és ezek mezőgazdasági, növénytermesztési kapcsolatairól. Az osztály dinamikus klimatológiai csoportja a jellegzetes időjárási helyzetek (légnyomási képződmények elhelyezkedése, uralkodó légáramlások stb.) alapján vizsgálja Magyarország éghajlati sajátosságait. Végül a terepklimatológiai csoport a legalsó légrétegek sugárzás-, hő- és vízháztartási tényezőinek mérésével egyes tájegységek (jelenleg a Balatonvidék tájegységeinek) éghajlati kérdéseit elsősorban települési, üdülési szempontból vizsgálja. Az Observatóriumban dolgozik az Időjárási Osztály egyik csoportja, amely az időjárás hidrodinamikai alapokon történő számszerű előrejelzésének kérdésével foglalkozik.



6. ábra. Rádiószondák hitelesítése.

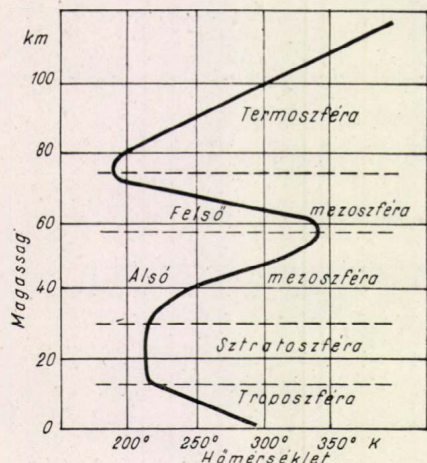


7. ábra. Az eső és a légtörési szennyeződés radioaktivitásának mérése.



8. ábra. Automatikus mérő, magyar gyártmányú ionoszféraberendezések az Aerológiai Observatóriumban.

Az Observatórium nagyjából ezen a szervezési és fejlettségi fokon érkezett el az 1957. évben megkezdődött *Nemzetközi Geofizikai Évhez*. Önként adódott, hogy a meteorológiai program hazai szervezése az Observatórium feladata lett és ez feladata maradt a NGE folytatásaként egyre szélesedő nemzetközi geofizikai együttműködés keretében is. Ilyenformán az Observatórium hazai vonatkozású feladatai mellett általános programját azok az alapvető meteorológiai problémák szabják meg, amelyek a nemzetközi geofizikai együttműködés előterében vannak.



9. ábra. A hőmérséklet átlagos változása a magassággal és a légkör felosztása a hőmérséklet alapján.

A felső légrétegekről nyert ismereteink a rádiószondák, az ionoszférámérések, a rakétákkal nyert mérési adatok, a sarkifénykutatások és számos más geofizikai mérés révén az utóbbi évtizedekben rohamosan gyarapodtak. A NGE meteorológiai programjának az volt a célja, hogy ezeket a sporadikus méréseket kiterjessze az egész Földre és az eredményeket fizikai egységbe foglalja. Ennek érdekében mindenekelőtt a légköri jelenségek energiaforrásának, a napsugárzásnak légköri átalakulását kellett nyomon követni abból a célból, hogy a légköri folyamatok tulajdonképpeni hordozóját: az általános földi keringést részleteiben is megismerjük.

A talajon végzett napsugárzásmérések kimutatták, hogy a légkör külső határán a napsugárzás erőssége kerekén $2 \text{ kcal/cm}^2 \text{ min}$ s a tenger szintjére ennek kb. a fele érkezik meg. Legnagyobb a napsugárzás energia-vesztése az ultravioleta tartományban, amelyre a tengerszintre érkező energiának alig 1%-a esik. Itt a napsugárzás legrövidebb hullámhossza $290 \text{ m}\mu$ körül van, míg 55 km-ben 280, 64 km-ben pedig $240 \text{ m}\mu$ a legrövidebb hullámhossz. *Nicolet* mérésekre alapított számításai szerint a légkör külső határára $1 \text{ m}\mu$ -nál rövidebb hullámhosszakon $5 \cdot 10^6$, $10 \text{ m}\mu$ -nál rövidebb hullámhosszakon 10^{11} és $100 \text{ m}\mu$ -nál rövidebb hullámhosszakon 10^{14} foton/ $\text{m}^2 \text{ sec}$ érkezik. Ezek az ibolyántúli sugarak nem érkezik el a tenger szintjére. Egy részük elhasználdik a levegő gázmolekuláinak atomokká való disszociálásában (fotodisszociáció), másik részük pedig az atomok ionizálásában (fotoionizáció) emésztődik fel. Az előbbire jellemző, hogy 100 km magasságban 1 cm^3 levegőben nagyjából 10^{12} oxigénatom és ugyanennyi oxigénmolekula található, 120 km magasságban pedig 10^{12} oxigénatomra már csak 10^9 oxigénmolekula jut. A disszociáció nappali folyamatát természetesen éjszakai rekombináció követi. A disszociáció folyamata különösen jelentős hatást a 30–50 km közötti légrétegben. Itt a disszociáció útján keletkezett oxigénatomok a nem disszociált oxigénmolekulákkal háromatomos ózonmolekulákká kapcsolódnak össze. Az így keletkezett ózon mintegy 20–30 km vastag légrétegben oszlik el olyan átlagos mennyiségben, amely a tengerszintjén kb.

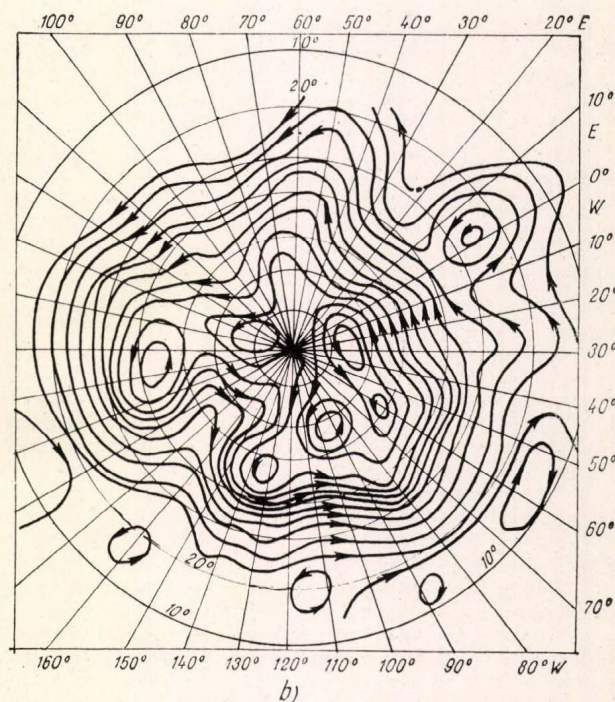
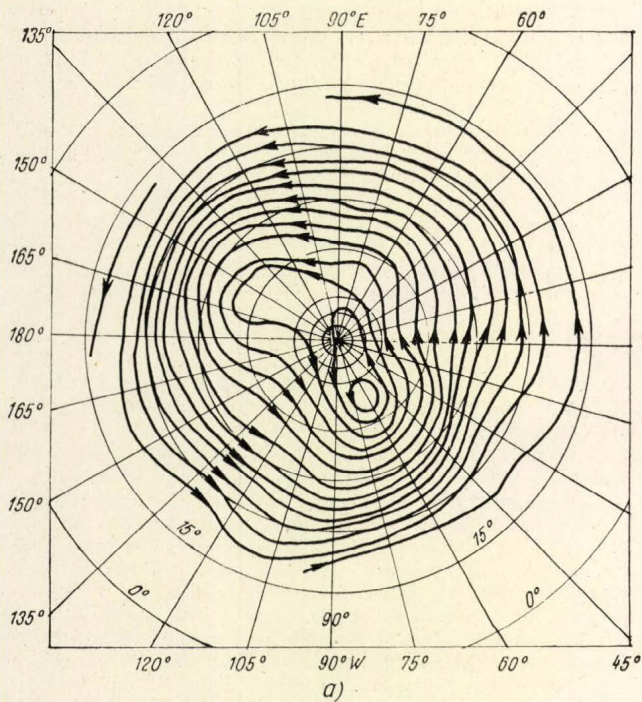
3 mm vastag ózonréteget alkotna a Föld körül. Az ózon sugárzáselnyelő hatásával magyarázható, hogy a nagyjából állandó hőmérsékletű sztratoszféra fölött, mintegy 30 km-től kezdve felfelé emelkedő hőmérsékletű réteget találunk (9. ábra). Ebben az ún. *mezoszférában* 50–60 km tájékan van a legmelegebb. Itt a decemberi közép-hőmérséklet megközelíti a -80° -ot, az augusztusi ellenben $+20^\circ$ körül van. Ezen nagy évi ingadozás mellett rövid időn belül is nagy hőmérsékletváltozások figyelhetők meg. Néhány óra alatt 60° -os hőmérsékletváltozás is bekövetkezhet. Az ózonréteg változásait az egész Földre kiterjedő, de viszonylag ritka hálózatban ún. ózonspektrográfokkal mérik. Magyarországon ilyen mérések nincsenek, ezt a jövő feladatai közé sorolhatjuk.

A fotoionizációt az ibolyántúli napsugárzás $60\text{--}200 \text{ m}\mu$ sávba eső fotonjai végzik. Az egyes légköri gázok ionizálásához különböző energiájú fotonok szükségesek. Minthogy a légkört alkotó gázok aránya a felső légrétegekben a magassággal változik és a napsugárzás szinképi összetétele sem ugyanaz, érthető, hogy az ionkoncentráció nem egyenletesen változik a légkörben, hanem ionokban sűrűbb és ritkább rétegek váltogatják egymást. Az így megkülönböztethető *ionoszférarétegek* között legfontosabbak a C, a D, az E, és az F rétegek, amelyeknek átlagos magassága 32, 80, 120 ill. 200–400 km. Az ionizációt kísérő felmelegedéssel magyarázható a mezoszféra nagyon hideg felső határa (80 km) fölött az ún. *termoszféra* felfelé erősen emelkedő hőmérséklete (9. ábra). Magyarországon hazai ionoszféra készülékekkel 1954 óta óránként mérjük az E és az F rétegek jellemző értékeit. A jövőben az alacsonyabb rétegekre, különösen az itt észlelhető szélre kell a méréseknek kiterjedniük.

A talajra érkező napsugárzás a Föld sugárzási háztartásának csak egyik része. A felmelegedett talaj és a fölötté elhelyezkedő levegő hosszúhullámú sugárzást bocsát ki, amelynek egy része kijut a légkörből és a Föld számára elvész. Valamennyi sugárzási komponens mérésére szükség van ahhoz, hogy az időjárás primer energiaforrását számszerűen figyelembe vehessük. Az ibolyántúli és a látható szinképtartományból már elegendő adatot kapunk a magyar mérőállomásokról. A jövőben a hosszúhullámú komponensek mérését kell megkezdenuünk.

Tekintsük át végül röviden a nemzetközi geofizikai együttműködés legfontosabb meteorológiai problémakörét: az *általános földi keringés* alapvető kérdéseit. Az ezzel kapcsolatos kinematikai és hidrodinamikai feladat, amelynek tudományos alapon történő megoldását *W. Ferrel* éppen 100 évvel ezelőtt kísérlete meg, voltaképpen abból áll, hogy a földi szélrendszerek megfigyelt jelenségeit három geofizikai tényezőből: a Föld hőháztartásából, a Föld forgásából és a mozgó levegő sűrűlődségéből levezesse. A talajon végzett számos szélmérésből levezethetők olyan állandó jellegű szelek, amelyek a hosszú megfigyelési sorok középértékeiben is megjelennek. Ezen ún. *permanens keringési* rendszerekről az elmúlt 100 év alatt számos elgondolás látott napvilágot, jóllehet ekkor még a magassági széladatokat — mérések híján — nem vehették figyelembe. A két világháború között, különösen a második világháborút követően gyorsan növekedett az aerológiai állomások száma s adataikból meg lehetett szerkeszteni a szél és a légnyomás eloszlását az északi félgömbön egészen a sztratoszféráig. Az így nyert áramlási kép némileg eltér azoktól az elméleti modellektől, amelyeket régebben a talajon végzett szélérések alapján szerkesztettek meg. Az utóbbiak általában megegyeztek abban, hogy a folytonossági elvből kiindulva a földi légkört többé-kevésbé zárt keringési cellákból rakták össze. Ilyenek pl. az ismert *passzát- és monszunkeringés*. Ezek feltevezését a talajon mért szelek teljesen indokolják, de a magasban elképzelt ellenáramlást, pl. az *antipasszát* létezését a mérések kielégítő módon még nem erősítették meg.

Az eddigi vizsgálatok azt mutatják, hogy az általános keringési jelenségeinek kutatásánál a permanens áramrendszerek mellett nem szabad elhanyagolnunk azokat a rendezetlennek látszó, *turbulens* légmozgáso-



10. ábra. Áramrendszerek az északi félgömbön.

a) A permanens nyugati köráram áramvonalai 5000 m magasságban (január havi közepes áramlás)

b) A meanderekké torzult turbulens nyugati köráram 5000 m magasságban 1947. február 17-én 03 órakor (GMT.)

kat sem, amelyek a hosszú megfigelési sorok középértékeiben nem jelentkeznek, de olyan intenzitással rakódnak rá a permanens áramlásra, hogy azt egyes esetekben felismerhetetlenné teszik.

Az említett három geofizikai tényező közül a földfelszín különböző felmelegedése (egyenlítőről a sarkvidékig) délkörmenti légáramlást indít, a mozgó levegő azonban a földforgás következtében a szélességi körök irányába fordul. Végül is a permanens áramlásnak szélességi körmenti ún. zónális komponense több áramgyűrű, köráram kialakulásához vezet, amelyek az egyenlítővel nagyjából párhuzamosan körülfutják a Földet. A trópusi zónában kb. a 30. északi és déli szélességi körök között keleti irányú ez a zónális szélkomponens, a mérsékelt övekben nyugati áramgyűrű formájában jelentkezik, a sarki övezetben pedig egy-egy keleti köráram figyelhető meg. A mérsékelt övek nyugati szele a magasban a sarkvidék és a trópusok felé is kiterjeszkedik. Legnagyobb értékét (középtértékben 40 m/sec) kb. 10 km magasságban a 30. szélességi fok táján éri el (szubtrópusi, permanens jellegű futóáramlás) ott, ahol a talajon már keleti a szél zónális komponense.

A harmadik geofizikai tényező: a Föld felszíne és a légkör között fellépő súrlódás több problémát vet fel, amelyek a turbulens szelek figyelembevétele nélkül, úgy látszik, nem oldhatók meg. Ha feltételezzük, hogy a légkörrel együttforgó Föld forgássebessége állandó, akkor az említett súrlódási erők összességükben kiegyenlítik egymást. Nyilván a nyugati szelek két áramgyűrűje (a mérsékelt övekben) a Föld forgását gyorsítani, a keleti szelek súrlódása pedig (elsősorban a trópusi övben) lassítani törekszik. A nyugati köráramok tehát a talaj közelében állandóan impulzusmomentumot adnak át a lassabban forgó Földnek, innen pedig ugyancsak a talaj közelében impulzusnyomaték vándorol át a nyugat-keleti irányban még lassabban forgó keleti áramgyűrűbe. Miután a köráramok permanensek, sebességük hosszú idő átlagában állandó, fel kell tennünk, hogy a trópusi keleti köráramból valahol impulzusmomentum vándorol vissza a mérsékeltövek nyugati áramrendszerébe. Feltételezhető, hogy ezt a momentumátvitelt a turbulens légmozgások biztosítják, mégpedig

legintenzívebben a 30. szélességi kör tájékán kb. 10 km magasságban a szubtrópusi futóáramlás környezetében. A momentumát-helyeződés részletei tisztázatlanok, különösen tisztázatlan az a kérdés, hogy a momentum, amely az alsó légrétegben a talaj közvetítésével vándorol át a nyugati szelek zónáiból a keleti szél áramrendszerébe, hogyan tevődik át a kompenzáció előfeltételeként a talaj közeléből a magasabb rétegekbe.

A turbulens szelek tanulmányozása ilyenformán geofizikai méretű problémává nőtt. Az újabb magaslégköri szélmérések hatalmas méretű turbulens szélrendszerek bonyolult szerkezetére mutatnak rá. Ide sorolhatjuk a mérsékelt övek nyugati köráramában jelentkező kígyózásokat, az ún. meandereket, amelyek hullámhossza 10 000 km-t is elérhet s függőleges méretük 10 km is lehet (10. ábra). Ide tartozik a nyugati áramrendszer időnkinti megtorpanása, az ún. blocking-jelenség, amely a mérsékelt övek zónális áramlását időszakosan meridionális irányba tereli, továbbá a szubpoláris futóáramlás, amely a szubtrópusi futóáramlással ellentétben nem permanens, hanem vándorol, erősödik, gyengül és helyenként fel is oszolhat. Több szerző, így Rossby és Flohn a futóáramlásnak olyan dinamikus indító erőt tulajdonít, amely a ciklonok és anticiklonok szintén turbulens áramrendszerei útján gondoskodik a cirkuláció energia forrásának, a délkörmenti hőmérsékletkülönbségnek állandó kiegyenlítéséről.

A magassági szél mérésének ezek szerint a geofizikai együttműködés keretében különösen nagy a jelentősége. Ezen nemzetközi kötelezettségen kívül a 8 magyar aerológiai állomásnak, s az adatokat feldolgozó Aerológiai Observatóriumnak még az a feladata is van, hogy ezek alapján megvizsgálja az Alpok és a Kárpátok szél-módosító hatásait. Ezek a hatások előidézői lehetnek eddig még nem eléggé ismert időjárási jellegzetességeknek, amelyek a Kárpátok medencéjében alakulnak ki. Ezeket az ún. regionális kérdéseket a magyar meteorológiai kutatás a szomszédos államokkal együttműködve vizsgálja.

Dr. Béli Béla
az Aerológiai Observatórium
vezetője