

# METEOROLÓGIA A XX. SZÁZAD ELSŐ FELÉBEN TALLÓZÁS A HAZAI SZAKIRODALOMBAN

Mészáros Ernő

az MTA rendes tagja,  
MTA Veszprémi Akadémiai Bizottság  
meszaroserno@invtel.hu

*„Mentől tovább folytatjuk tehát  
a megfigyeléseket,  
annál közelebb fogunk jutni az igazsághoz.”*  
(Bozóky Endre, 1901)

A huszadik század elején a meteorológia, a többi tudományhoz hasonlóan, nagy fejlődésnek indul. Egyebek közt felfedezik az időjárási frontokat és a sztratoszférát, valamint lerakják az időjárás számszerű előrejelzésének elvi alapjait (Mészáros, 2008). Az előző századi fizika (dinamika és termodinamika) eredményeit a légkör tulajdonságainak jellemzésére alkalmazzák. A folyamatok leírásának matematikai megfogalmazása egyre elterjedtebbé válik. Ezzel párhuzamosan mindinkább elválni látszik a törvényeket kutató meteorológia és a statisztikai adatokon alapuló leíró éghajlatlan (Róna, 1907–1909). A magyar nyelvű szakirodalom sajátossága, hogy a XIX. század próbálkozásai után (Berde, 1847) a huszadik század elejére lényegében kialakul az a tudományos nyelv, amelyet ma is használunk.

Jelen tanulmány a század első felének fejlődését a magyar nyelvű szakkönyvek tükrében tekinti át. Az a célja, hogy az olvasó az

irodalom alapján képet kapjon a meteorológia magyarországi helyzetéről, a tudományág nemzetközi irányzatainak hazai meghonosodásáról. Bevezetesként hangsúlyozzuk, hogy az áttekintés nem terjed ki a leíró éghajlattannal foglalkozó kötetek tárgyalására. Kivételt képeznek azok a művek, amelyekben az éghajlattani részeket általános bevezető előzi meg.

## *A századelő*

Az első magyar nyelvű könyv, amelynek a címében a meteorológia szó szerepel, 1901-ben jelent meg a Stampfel Könyvkiadó *Tudományos Zsebkönyvtár* sorozatában. Szerzője Bozóky Endre (1863–1925) fizika- és matematikatanár (Bozóky, 1901). A kötet, már méreteinél fogva is, ismeretterjesztő írás. Ennek ellenére, részben tartalma, részben nyelvezete miatt igen figyelemre méltó. Összefoglalja a századelő ismereteit, illetve mutatja, hogy a tizenkilencedik század második felében, Berde Áron (1847) munkájához viszonyítva, a magyar tudományos nyelv mekkorát fejlődött. A szintén matematika-fizika végzettségű Róna Zsigmond (1860–1941) már főfoglalkozású meteorológus: 1912 és 1925 között az

Országos Meteorológiai és Földmágnesség-Intézet igazgatója. Könyve, Berde Áron úttörő írása után (lásd Mészáros, 2013), az első mai értelemben vett tudományos monográfia (Róna, 1907–1909). Bozóky és Róna könyvei, célkitűzésükön és terjedelmükön kívül, már a címükben is különböznek. Róna munkája az *Éghajlatlan* címet viseli. Célja az akkori Magyarország éghajlatának bemutatása.

A meteorológiai tárgyú kézikönyvek általában a levegő összetételének leírásával kezdődnek. Bozóky az összetétellel egyáltalán nem foglalkozik, míg Róna Zsigmond a kérdést apró betűs részben „intézi el”, amelynek terjedelme alig haladja meg az egy oldalt. Ez az oldal mégis nagy jelentőségű, mivel a szerző, a magyar szakirodalomban először, néhány nyomgáz jelenlétét is megemlíti anélkül, hogy ezt a kifejezést használná. Így megtudhatjuk, hogy a levegő nitrogénből és oxigénből áll, míg „A vízgőz, a széndioxid és az ozon változó mennyiségben van meg; azonkívül foglaltatik a levegőben ammóniák, salétomsav, kénhidrogén, hidrogén stb. A legújabban felfedezett gázok, argon, kripton, neon és metargon közül csupán az első fordul elő számottevő mennyiségben...”<sup>1</sup> Sőt, a levegőben szilárd tisztátlanságok (por, ma úgy mondanánk: *aeroszolrészecské*) is előfordulnak, amelyek a ködképződést befolyásolják. Bozóky tovább megy, kijelenti: „...a levegőben lebegő porszemek igen fontos szerepet játszanak, amennyiben minden porszem mint lecsapódási középpont szerepel” (természetesen a vízgőz számára).

Bozóky könyve logikus felépítésű. Megfelelő sorrendben tárgyalja a meteorológiai elemeket és jelenségeket a Nap sugárzásának

jellemzőitől az elektromos és fénytűneményekig. Tisztában van vele, hogy a szeleket a légnyomás gradiense hozza létre. A Föld forgása következtében előálló centrifugális erő azonban, írja, a gradiensektől eltérést okoz, így az Északi-félgömbön a szelek jobbra térülnek el. Igaz, nem szerencsés az eltérítő erőt a centrifugális erővel összetéveszteni, de az biztos, hogy a szeleket látszólagosan a Föld forgása téríti el. Az eltérés okát Róna a következő módon fogalmazza meg: „...a Föld egyes pontjai különböző lineáris sebességgel forognak”. Majd: „Ha tehát egy levegőrészecske valamely egyszeri impulzusnál fogva egyenletes sebességgel megindul, akkor különböző szélességi körökre jutva, a Föld felszínén más-más sebességekre talál...” Az eltérítő erő vízszintes komponensének nagyságát Róna matematikai formában is megadja, bemutatva, hogy az eltérés a földrajzi sarkokon a legnagyobb, és az Egyenlítő felé haladva csökken.

Mindkét szerző világosan kifejti az alacsony és magas légnyomási képződmények kialakulásával és az áramlás irányításában játszott szerepükkel kapcsolatos nézeteket. Róna ezen túl bevezeti a magyar szaknyelvbe a „ciklónos” és „anticiklónos” mozgások fogalmát, amely kifejezések használata a meteorológiában később általánossá válik. Bozóky külön fejezetben tárgyalja a víz körforgalmát. „A felhők keletkezése – írja – a felszálló meleg légáramlatoknak tulajdonítható, melyek nagymennyiségű vízgőzt szállítanak”. Majd felteszi a kérdést, hogy miért lebegnek a felhők (vízcseppek és jégkristályok) a levegőben. Megállapítja, hogy a „...vízcseppecskének alácsése a nagy közegellenállás miatt igen lassan... menne végbe”. Ez a megállapítás azonban csak a kisebb cseppek esetén igaz, a felhőket a feláramlások tartják a levegőben.

<sup>1</sup> Metargon: feltételezett elem a légkörben. Később derült ki, hogy szén-monoxid.

Előrelátó meglátása viszont, hogy „A felhők képződése a levegőt megtisztítja, mert a levegőben uszkaló szilárd alkotórészek a vízgolyócskáktól fölvétnek. Minthogy a víz a gázokat elnyeli, azért a felhőképződés e tekintetben is tisztító hatású”. Az eső (csapadék) képződésének mechanizmusát természetesen nem ismeri. Ezen nem is kell csodálkoznunk, hiszen a 20. század elején a csapadékképződés folyamatai ismeretlenek voltak.

Bozóky írása végén az időjárással, valamint az időjárás előrejelzésével foglalkozik. Így megtudhatjuk, hogy a 19. és 20. század fordulóján az előrejelzéseket mire alapozták. A válasz egyszerű: az alacsony és magas nyomású képződmények előfordulására, illetve vonulására. Míg a magas légnyomás („borométerikus maximum”) az állandó, az alacsony („barométerikus minimum”) a változó időjárás hordozója. A feladat ezek nyomon követése a nyomás eloszlását megadó időjárási térképeken. „Mert ha az időjárási térkép alapján figyelemmel kísérjük a minimum útját, akkor a minimum két oldalán, valamint az útjába és mögéje eső területekre nézve az időjárás jellegzetes változásait teljes biztonsággal előre jelezhetjük.” Másutt azonban leszögezi: „... még mindig előfordul az, hogy a prognózis nem vág, s ha nagyon általánosan van tartva, az embereket mosolyra készíti”. Az mindenestre biztos, mondhatja a mai elemző, hogy még tág tere volt a fejlődésnek.

#### *A húszas évek*

Réthly Antal (1879–1975) a huszadik század első felének meghatározó meteorológusa. 1935-től az Országos Meteorológiai és Földmágnességi Intézet igazgatója. Kinevezését 1945-ben megerősítik. 1948-ban ötvenévi szolgálat után megy nyugdíjba. Számos publikációja látott napvilágot, köztük az

1921-ben megjelent *Időjárás és éghajlat* című könyv, amely részben oktatási célokat szolgált.

A kétszáz oldalas mű három részből tevődik össze: I. *Időjárás*, II. *Éghajlat*, III. *Magyarország éghajlata*. A kötet a bevezetésben a levegő összetételének bemutatásával indul. Az előzőekhez képest újítás, hogy a szerző Alfred Wegener nyomán közöl egy ábrát, amely az összetétel függőleges változását mutatja be. Az ábra szerint az oxigén koncentrációja a magassággal csökken, majd 80 km-en nullává válik. Mintegy 40 km-es szintben a nitrogén koncentrációja is csökkenni kezd. Így 100 km fölött nitrogén sem található a légkörben, amely a magasban könnyű gázokból, így hidrogénből tevődik össze. A húszas évek elején természetesen még nem volt ismert, hogy 80 km-es szintig a levegő relatív összetétele állandó, és csak nagyobb magasságban bontja el a molekulákat a Napból érkező elektromágneses sugárzás. A „könnyű gázok öve” sokkal magasabban található. Abban viszont igaza van Réthlynek, hogy „A földünket övező légkör mintegy végnélküli, mert a magassággal ritkul a levegő, míg végre elvész a világűrben”.

Az első fejezetben, a légkör általános jellemzése után a hat időjárási főelemről: a hőmérsékletről, a légnyomásról, a szélről, a nedvességről, a felhőzetről és a csapadékról olvashatunk. A szerző Rónához hasonlóan leírja a ciklonokat és anticiklonokat, és szerepüket az időjárás alakításában. Nem vesz azonban arról tudomást, hogy közben felfedezték a légköri frontokat (Mészáros, 2008), ami jelentősen megváltoztatta az időjárásról alkotott elképzeléseinket.

Réthly fényképekkel illusztrálja a különböző felhőket, megjelenési formáikat. Megemlíti, hogy a felhőképződést a levegő lehűlése okozza, és hogy a keletkező vízcseppek

mérete 0,006 és 0,035 mm között van. A méretintervallum lényegében helyes, kár, hogy nem található meg az információ forrása. Részletesen tárgyalja a csapadék észlelését, ám a csapadék keletkezésének csak két mondatot szentel: „A párával telített levegő lehülésekor, vagy a midőn meleg és hideg levegőrétegek keverednek és a levegő hőmérséklete a harmatpont alá hűl le, a párák egy része kiválik. A párák sűrűsödnek, majd lecsapódnak és a föld felszínére jutnak”. Hasonlóan a lecsapódásnak (kondenzációnak) tulajdonítja a nagy jégszemek létrejöttét is: „Keletkezésükről csak annyit mondhatunk, hogy mindenestre hirtelen beálló lehülés és kiváltódás eredményei”.

Az időjárás előrejelzése, olvashatjuk Réthly könyvében, az izobárok, a hőmérséklet és csapadék eloszlását ábrázoló időjárás térképeken alapul. Abból kell kiindulni, hogy „... az időjárásban milyen változás állott be tegnapról mára és milyen változás várható ez alapon máról holnapra.” Ez a nagyléptékű előrejelzés („synoptikus időjelzés”). Érdekes, hogy a szerző „helyi időprognózisról” is beszél, amikor valaki egyetlen pontra végez előrejelzést a különböző mérőműszerek, elsősorban a barométer adatai alapján.

Mint említettük, Réthly könyvében nem foglalkozik az időjárás frontokkal. Más szavakkal: nem ír a norvég ciklonmodellről. Erről magyarul először egy rövid munkában olvashatunk, amely repülők számára íródott, és a légkört mint a „repülés elemét” tárgyalja (Hille, 1926). Szerzője Hille Alfréd (1891–1981), a légierő későbbi ezredese, aki a két világháború között nemcsak a repülőgépes légköri mérések, hanem a hazai repülés megindításában is nagy szerepet játszott.

A könyv alcíme: *Légkörtani ismeretek*. Így a bevezető első részében Hille amellett érvel,

hogy a meteorológiát magyarul légkörtannak nevezzük. A második rész az időjárás eleminek (hőmérséklet, légnyomás, szél stb.) leírásával foglalkozik. Ennek egyik érdekessége, hogy a levegő mozgásával kapcsolatban Hille bemutatja a planetáris szélrendszer akkor korszerű elméletét. Ebből kiderül, hogy az egyszerű meridionális áramlású sémát nagy kiterjedésű örvények megjelenése teszi nyolulttá. A szövegben azonban nem csak nagy léptékű örvényekről olvashatunk. Olvashatunk a kis léptékű örvényekről, a turbulenciáról is, amely „... a szél irányának és sebességének ingadozásában nyer kifejezést.”

A harmadik rész *Az időjárás* címet viseli. Ebben találkozhatunk a ciklonok keletkezésének és tulajdonságainak leírásával. Megtudhatjuk, hogy a ciklonok a poláris front<sup>2</sup> mentén keletkeznek: „A ciklon a poláris front öblösödését képezi, amelyben a hideg tömeg félkörben körül fogja a meleg levegőt.” Majd később: „Ha a ciklon áramlási görbéiről térképet rajzolunk, két feltűnő ú.n. convergencia-vonalat találunk rajta.” Az egyik a ciklon vonulását meghatározó „*menetvonal*” (ma úgy mondjuk melegfront), a másik a „*viharvonal*” (hidegfront). A könyvet *Az időjárásjelzés (prognózis)* című fejezet zárja. Ennek lényege: „Ha tehát a depresszió vagy anticiklon helybenmaradása vagy vonulási iránya megállapítható, a meteorológusnak módjában van az időállandóságát vagy változását előre jelezni. Ez a prognózis azonban... úgy időben, mint térben erősen korlátolt érvényű.”

A húszas évek történéseihez tartozik egy költői hangnemben megírt kis ismeretterjesztő kötet megjelenése is (Tóth, 1929). A könyv

<sup>2</sup> Poláris front: a 60° szélesség környékén elhelyezkedő felület, amely a sarki hideg, illetve a mérsékelt övi melegebb levegőt választja el.

a *Szent István Könyvek* sorozatban lát napvilágot. Szerzője Tóth Ágoston bajai ciszter tanár, aki az előszóban a bonyolult meteorológia szó miatt elnézést kér könyve olvasóitól. Majd az első fejezetben felveti a kérdést, hogy mi a meteorológia. A szó eredetét Arisztotelészig vezeti vissza, majd kifejti, hogy a meteorológia fizikai tudomány, a légkör fizikája. A légkörről így ír: „tenger, amelynek nem érne a mélyét, tenger, amelynek nem látni a szélét”. A könyvben minden akkori ismeretet megtalálunk, beleértve a ciklonok szerkezetét. Különlegességét nem is annyira a tartalma, hanem a stílusa adja meg. Ennek illusztrálására szolgáljon a kondenzáció leírásával kapcsolatos példa. „A kiváló apró vízcseppek, mint vándorló madarak, helyet keresnek maguknak, ahol letelepedhetnek, amire rácsapódhatnak. A levegőben nincsenek üveg poharak, amelyek falára leszállhatnának. Vannak azonban igen finom porszemek, vízzel rokon folyadékok párái, a párolgást csökkentő sók molekulái, elektromos tulajdonságú levegőmolekulák (ionok). Ezek azok a »szilárd« pontok, amelyeken a vízcseppek megvetik a lábukat, amely körül lecsapódnak. Körülveszik őket, mint Barack a magját. (Kondenzációmagvagnak is nevezzük őket)”. A stílusa miatt érdemes a könyvet elolvasni.

### *A harmincas évek*

A következő meteorológiával foglalkozó kötet, *Az időjárás*, 1931-ben jelent meg Steiner Lajos (1871–1944) geofizikus és meteorológus tollából (Steiner, 1931). Steiner neves kutató volt, tudományos munkásságának elismeréseként a Magyar Tudományos Akadémia tagjává választották (1917), és eredményeit külföldön is méltányolták. 1927 és 1932 között az Országos Meteorológiai és Földmágnességi Intézet igazgatói tisztségét is betöltötte.

Steiner nem túlságosan vaskos kötete bevezetőjében meghatározza az időjárást, majd néhány mondattal vázolja a meteorológia történetét. A levegő gáznemű összetételét a könyv táblázatos formában mutatja be (sajnos a számértékekben néhány elírás tapasztalható), sőt számszerűen megadja a porrészecskék különböző környezetben mért koncentrációját. A hőmérséklet és a légnyomás vertikális eloszlását a szerző már a ballonszondás mérések eredményeit fölhasználva tárgyalja, először a magyar szakirodalomban. A levegő nedvességével és csapadékeloszlásával foglalkozó fejezet a fentiekhez hasonlóan leíró jellegű. Foglalkozik viszont a víz légköri körforgalmának elemzésével.

A szelek tárgyalása után következik a kötet legfontosabb fejezete, amely az *Időjárás* címet viseli. Ebben a fejezetben megtalálhatjuk a ciklonok szerkezetének a norvég Wilhelm Bjerknes javasolta leírását, valamint a ciklonokban keletkező időjárási frontok bemutatását. Steiner már a mai terminológiát használva a következőket írja: „A Bjerknes-féle ciklonséma szerint a meleg levegőtömeg a földfelületen a nyomáscentrumban végződik és kétoldalt hideg levegőtest határos vele. A meleg szektor meleg levegője az előtte (keleten) levő hideg levegő fölé siklik a diszkontinuitási felület mentén, másrészt a meleg szektor mögött (nyugaton) előnyomuló hideg levegő-éktől a magasba vettetik. E folyamatoknak megfelelően, a felemelkedő vízgőzdús meleg levegőben történő vízgőzkicsapódás folytán, két csapadékos terület – két csapadéksáv – kíséri a ciklont: egy szélesebb a meleg front mentén és egy keskenyebb a hideg front mentén. A meleg és hideg frontvonal a ciklon középpontja felé mind közelebb jut egymáshoz és a középpontban találkoznak. A középponttól északra a meleg levegőtest nem ér le

a földfelületig, itt a ciklon alsó része hideg levegőből áll. Amint látjuk, a ciklonhoz meghatározott szélrendszer, csapadékeloszlás és ennek megfelelően bizonyos felhőzeti formák tartoznak.” Ennek megfelelően az időjárás előrejelzése is nagymértékben az időjárási frontok átvonulásán alapul.

Külön kiemelendő, hogy a kötet utolsó fejezete az időjárás mesterséges befolyásolásával foglalkozik. Így, a fejezet szerint, a hajnali fagyok elleni védekezést három módon kísérhetjük meg: „...1. a levegőt közvetlenül melegítjük, 2. a talaj fölött oly mesterséges felhőréteget hozunk létre, mely a talaj hőkiszáradását megakadályozza, 3. az alsó hidegebb és felső melegebb levegőt mesterségesen összekeverjük”. A jégeső okozta károkat általában hanghullámok keltésével (például ágyúzás) igyekeznek csökkenteni, beleértve a hangszórót, aminek, a szerző szerint, valószínűleg vallási okai is vannak. Ezek a próbálkozások azonban nem vezettek eredményre. Ahogy a különböző esőkeltési kísérletek is (például elektromos térerő keltésével) teljesen hatástalanok maradtak. Helyileg fontos lehet viszont az erdőirtások hatása, amely a víz körforgalmát befolyásolhatja. Az emberi hatásokkal kapcsolatban végül Steiner leszögezi, hogy „Az eddigi vizsgálatok általában arra mutatnak, hogy a történelmi időkben marandó klímaváltozás nem mutatkozott a föld felületén.” Írja mindezt 1931-ben.

Tizenhét évvel első könyve megjelenése után, Réthly Antal érkezettnek látta az időt, hogy újabb kötetet jelentessen meg. Célja az volt, hogy az első világháború utáni Magyarország éghajlatát megbízhatóbb, későbbi adatokkal jellemezze. A kézirat részben fiatal munkatársának, Bacsó Nándornak (1904–1974) a munkája (Réthly – Bacsó, 1938), aki később a mezőgazdasági meteorológia és az

éghajlatlan kutatásának és oktatásának kiemelkedő hazai személyiségévé vált. A tankönyvnek is szánt mű, az előző, 1921-es könyvhöz hasonlóan, három részből áll: *Az időjárás, Az éghajlat és végül Magyarország éghajlata*. Az első részt Bacsó Nándor, míg a másik kettőt Réthly Antal készítette el.<sup>3</sup> A kötet érdekessége, hogy az előszót Róna Zsigmond, a Magyar Meteorológiai Társaság akkori elnöke írta.

Az eső rész első mondatából megtudhatjuk, hogy „Az idő a légkör pillanatnyi fizikai állapota, az időjárás a légkör fizikai állapotának folytonos változása.” Ugyanakkor, olvashatjuk a második rész elején, „Az éghajlatlan (klimatológia) az időjárástannak (meteorológia) egyik ága.” Majd később: „Az éghajlatlan megadja az időjárás átlagos állapotát és egyes elemeinek elterjedését.” Az első részt indító fejezetből a légkör összetételéről és szerkezetéről az előző könyvekhez képest nem sok újat tudunk meg. A levegő hőmérsékletével foglalkozó második fejezet *A hőmérséklet változása a magassággal* című alfejezetből egyebek között kiderül, hogy a m. kir. Légügyi Hivatal időjelző központja 1936 óta rendszeresen végez repülőgépes légkörkutató felszállásokat (lásd következő pont). A fejezetet és az első rész többi fejezetét is uralja a mérési eljárások részletezése. Érezhető, hogy a szerző elsősorban a mérések pontosságának növelésében, illetve a mérőhálózat kiterjesztésében látta a hazai meteorológia fő feladatát. A légnyomással foglalkozó fejezetből megismerhetjük a nyomás magassággal való változását, valamint a ciklonok és anticiklonok jellegzetességeit. A levegő áramlásával kapcsolatban Bacsó különböző nagy léptékű (passzát és antipasszát)

<sup>3</sup> A harmadik rész *A sugárzás* (értsd: napsugárzás) című fejezetét Takács Lajos írta.

és helyi szélrendszereket (például tengeri és partii szél, hegyi és völgyi szél) mutat be. Külön alfejezetet szentel a levegő egyensúlyi viszonyainak, a feláramlások kialakulásának. Az elvi alapokat részletesebben nem tárgyalja, az elmondottakat matematikai egyenletekkel nem támasztja alá. Erre jó példa a nyomás átszámítása tengerszintre. A könyv szerint ez táblázatok segítségével történik (a függelékben van is egy ilyen táblázat Budapestre), de arról nincs szó, hogy hogyan készülnek a táblázat adatai. Ugyanakkor a felhő- és csapadékképzés tárgyalásakor a szerző megemlíti a harmincas évek elején elfogadott csapadékképződési folyamatot: „A legújabb csapadékképzési elmélet szerint minden nagyobb csapadék jégszemek, vagy kristályok alakjában válik ki, aztán olvad el és lesz belőle esőcsepp.” Érdekes még, hogy a napsugárzással, pontosabban mérésével *A felhőzet* című fejezetben foglalkozik.

A légkör fénytüneténeinek rövid, kétoldalas tárgyalása után következik *Az időjárás* című fejezet. Ebben a szerző ismerteti az időjárási frontokat, az európai ciklonpályákat, majd rátér az időjárás előrejelzésére. Megállapítja: „Az időjárás előrejelzése a következő 24 órás időtartamra az időjárási térképek elemzése útján történik. Az időjárási térkép ugyan csak egy időpont időjárását ábrázolja, de több előbbi időpontról készült térképpel összevetve, az időjárás változását és fejlődésének irányát is megmutatja.” Felsorolja az időjárás hosszú időtartamra vonatkozó előrejelzésének egyáltalán nem kielégítő módszereit, majd az utolsó fejezetben felvázolja az időjárási károk (például késő tavaszi fagyok, jégeső) elleni védekezés közel sem bevált próbálkozásait.

Összefoglalva: Réthly és Bacsó könyve nem az elméleti meteorológia tárháza. De

nem is ennek készült. Feltehetően mezőgazdák és mezőgazda (esetleg mérnök-) hallgatók számára íródott.

A Magyar Királyi Természettudományi Társulat 1941-ben ünnepli fennállásának századik évfordulóját. Ennek tiszteletére négykötetes kiadvány megjelentetését határozza el. *A természet világa* című sorozat második kötete *A légkör* címen 1939-ben lát napvilágot. Így egy évvel az ismertett könyv megjelenése után Réthly Antal szerkesztésében újabb meteorológiai tárgyú könyv jelenik meg (Ajeszky et al., 1939). Írásában Réthlyn és Bacson kívül, Auješzky László (1903–1978) és Tóth Géza (1901–1995) neves meteorológusok is részt vesznek, akik 1945 után rövid ideig a szakintézmény vezetői is voltak.

*A légkör* című mű felépítése alapvetően különbözik az 1938-as könyv szerkezetétől. Mint a bevezetőből kiderül (Réthly és Auješzky), a tartalmat a szerzők igyekeztek a sorozat célkitűzéséhez közelíteni. Az első fejezetben Auješzky a légkör összetételéről ír. A levegőt gázok keverékének tekinti, de megjegyzi, hogy „A légkörben azonban tökéletesen tiszta levegő soha sincs, mert az említett gázkeverékben a szilárd és cseppfolyós részecskék nagy mennyiségben és változatosságban vannak jelen. A levegő kolloid szuszpenzió, *aeroszol*.” Valószínű, hogy az aeroszol kifejezés először szerepel a magyar nyelvű irodalomban. Sajnos ennek értékét valamelyest kisebbiti, hogy a későbbiekben a szerző légplanktonról beszél. A légkört alkotó gázok „alapgázokból” és „vendéggázokból” állnak. Ez utóbbiak között először olvashatunk a radonról, amelyvel a vendéggázok sora a század első harmadában bővült. Elismerve, hogy az *alapgáz* és *vendéggáz* elnevezések találóak voltak, ma már nem használjuk őket. Fő összetevőkről és nyomgázokról beszélünk. Az *Időjárás ener-*

*giaforrásai* című fejezet (Aujeszky) bemutatja a napenergia szerepét és a levegőt „bonyolult erögépnek” nevezi, majd helyesen leszögezi, hogy „A mi időjárásunk energiaszükségletét nem az itteni szerény napsütésből fedezi, hanem a távoli egyenlítői vidékek energiafeleslegét használja fel.”

Aujeszky és Tóth a szerzője *A vízcseppek és jégkristályok* címet viselő fejezetnek. A mai olvasó a címből azt gyanítja, hogy a fejezetben a cseppek és kristályok és nem utolsósorban a csapadék mikrofizikai keletkezéséről olvashat. Várakozásában azonban részben csalódik, mivel a szerzők elsősorban a felhők és csapadék nagyobb léptékű képződéséről és formáiról értekeznek. A vastos könyv néhány fejezetét sajnos helyhiány miatt nem áll módunkban ismertetni. Ezekben Tóth Géza az időjárás és repülés, Aujeszky László az időjárás és a hadviselés (a háború előestéjén vagyunk!) kapcsolatáról ír, Aujeszky és Tóth az időjárás-kutatás eszközeivel, Aujeszky az érdekes időjárási jelenségekkel foglalkozik, míg Réthly az elemi csapásokkal, Bacsó a népies időjárási szabályokkal kapcsolatos ismereteket foglalja össze.

A sztratoszférával és magasléggörrel foglalkozó fejezetekben Tóth Géza az akkori ismereteknek megfelelően megkülönbözteti a sztratoszférát és a fölötte elhelyezkedő ozonozsférát. Megállapítja, hogy az ozonozsférában „...a sztratoszféra hidege után valószínűleg ismét olyan meleg van, mint ideleln a Föld felszínén.” Ma már tudjuk, hogy a két réteg azonos, és az ózon többsége a sztratoszférában helyezkedik el. Ugyanakkor helyesen vázolja az ózonkeletkezés Chapman-féle elméletét (sajnos a könyvben nincsenek irodalmi hivatkozások), valamint az ionozsférának a rádióhullámok terjedésében játszott szerepét. A mai olvasó számára azonban a fejezetek érté-

két (és szépségét) az embereket is szállító ballonos és repülőgépes felszállások leírása jelenti. Az egykori hősiés kutatásokat sajnos kezdjük már elfelejteni.

Ezek után a kötetben a légkör hangjelenségeiről (Aujeszky), majd a fénytüneményekről (Tóth) olvashatunk egy-egy fejezetet, ezt követően a Föld éghajlatát Bacsó ismerteti. Bacsó, először a magyar szakirodalomban, külön fejezetet szentel a *mikroklímának*, amely „...a tájegység tetszésszerű kis részletének sajátos éghajlati jellemvonásait foglalja magába.” Ennek kutatása elsősorban a talajközeli levegő tulajdonságai szempontjából érdekes, amelyek a növénytermesztésben meghatározó szerepűek. De ide tartozik a városok és belső épített térségek speciális éghajlata is.

A levegő elektromos jelenségeit Tóth Géza elemzi. Ennek keretében egyebek között megemlékezik *Charles Thomson Rees Wilson* és *George Simpson* elméletéről, amelyet később Lénárd Fülöp módosított. Az elmélet szerint a hulló cseppek a Föld elektromos erőterében polarizálódnak. Tekintve, hogy a Föld töltése negatív, a cseppek alsó része pozitív, a felső negatív töltést kap. Lénárd szerint, ha a cseppek szétesnek, akkor a kisebb negatív töltésű részeket a feláramlás a magasba emeli, ami a töltések szétválásához, végül villámkisüléshez vezet. A könyv megjelenése óta a töltésszétválásztódás magyarázatára számos elképzelés született. Nincs általánosan elfogadott nézet. Biztosnak látszik azonban, hogy a folyamatot nem lehet a szilárd fázis kizárásával megmagyarázni (magyarul lásd Bencze et al., 1982).

*Az időjárás előrejelzése* című fejezet lehetőséget ad Aujeszkynek, hogy bemutassa azt a fejlődést, amely a 24 órás és néhány napos előrejelzés területén a század eleje óta végbe ment. Ennek lényege, hogy a harmincas évek



végén már olyan időjárás (szinoptikus) térképek készültek, amelyek nemcsak a nyomás, hanem a többi meteorológiai elem eloszlását is feltüntették. Ezen kívül a már említett norvég meteorológiai iskola (lásd Mészáros, 2008) eredményei alapján kialakult a frontológia, bevezették a levegőfajták fogalmát. A frontfelületek (határfelületek) különböző levegőfajtákat választanak el, és lehetővé teszik a feláramlásokat. Az előrejelzések bevalását egyre jobban növelik a magasban végzett (akkori szóhasználatul aerológiai) közvetlen és közvetett megfigyelések, míg a szükséges adatok összegyűjtését nagymértékben elősegíti egy műszaki segédeszköz: a rádió. Mindezek ellenére a mai elemző úgy érzi, hogy a jelentős mennyiségi fejlődés nem oldotta meg hatékonyan az időjárás előrejelzését. Különösen igaz ez a megállapítás, ha a hosszú távú (hetes, esetleg hónapos léptékű) előrejelzéseket tekintjük, amelynek lehetőségeiről Bacsó a következő fejezetben értekezik.<sup>4</sup>

A könyv egyik fejezete az időjárás mesterséges irányításával, és az időjárás energiák kiaknázásával foglalkozik. A fejezetben Aujeszky a viharágyúzást (jégeső okozta károk elhárítása), valamint a mesterséges esőkeltés és köd-osztás lehetőségeit elemzi. Általános megállapítása, hogy a légkörben olyan nagyságú energiák működnek, amelyek módosítása elképzelhetetlennek tűnik. Másrészt viszont ezeket az energiákat a szolgálatunkba kellene állítani. Így beszél a szél- és napenergia ma is aktuális esetleges felhasználásáról. Az utolsó fejezet (*A légkör múltja és jövője*) szintén Au-

jeszky munkája. Mivel abból indul ki, hogy a Föld keletkezésekor izzó gáztömeg volt, az őslégkör kialakulását nem a mai elképzeléseknek megfelelően magyarázza. Majd a kambrium utáni időszakra az éghajlatváltozásokat írja le. A légkör jövőjét illetően annak lehetőségét vizsgálja, hogy légkörünk vagy annak egy-egy alkotórésze valamiképpen a világűrbe szökik, vagy egyéb módon eltűnik. Az általa lehetségesnek tartott elképzelések taglalása után leszögezi: „Légkörünk megmaradására tehát elég kedvező kilátásaink vannak. Ez azonban nem változtat azon a helyzeten, hogy a légkör teljes elfogyásán kívül csekélyebb összetételbeli változások is végzetes éghajlatrosszabbodást hozhatnak létre.” Utóbbi megállapítással a globális felmelegedés korában élő mai olvasó teljes mértékben egyetérthet.

#### *A negyvenes évek*

Érthető módon a háború nem kedvezett a tudományos művek megjelenésének. Pontosabban csak azoknak, amelyek a hadviseléshez kapcsolódtak. Ezek közé tartozott a *Légkörtan* című munka, amelyet a már idézett Hille Alfréd írt, és két kiadásban is napvilágot látott. A szerző az első, 1940-es kiadás előszavában leszögezi: „A légkörről szóló ismeretek jelen összefoglalása elsősorban a repülők szempontjait tartja irányadónak, de általános részei kellő alapfogalmakat nyújtanak...” Ezért foglalkozunk röviden Hille munkájával, annak második kiadása alapján (Hille, 1943).

Mint a címből is kitűnik, Hille a meteorológiát, előző könyvéhez hasonlóan (lásd fent), magyarul légekörtannak nevezi. „Az a tudományág, amely a légkörről foglalkozik a *légekörtan* vagy *meteorológia* nevet viseli. Hivatásos művelőit *légkörészeknek* vagy *meteorológusoknak* nevezzük” írja műve *Légkör és légekörtan* című első részében. A légekörtant három

<sup>4</sup> Az időjárás előrejelezhetőségének gyakorlati határa a napjainkban alkalmazott prognosztikai modellekkel maximum két hét. Készülnek előrejelzések hosszabb intervallumra is, ezek azonban nem egy adott időpont légköri állapotát, hanem az éghajlati jellemzőknek az éghajlati standard értékektől való eltérését jelzik.

részre osztja: légkörtani elemismeret (a szűkebb értelemben vett meteorológia), időjárás- és éghajlatlan vagy klimatológia. Érdekes még, hogy ebben a részben a szerző az ozonoszféra és a sztratoszféra részének tekinti, amely a 10 km-es és a 100 km-es magasság között helyezkedik el. Ebben az időben még ismeretlen volt az 50 km és 100 km között található mezoszféra, amelyben a hőmérséklet csökken a magassággal.

A fentebb ismertetett könyvekhez képest Hille kötetének néhány új vonása van. Így lényegében ma is elfogadható ábrát találhatunk benne a légkör sugárzási mérlegéről. *A víz halmazállapot-változásai a légkörben* című fejezetben nem csak a kicsapódási magvak légköri jelenlétére utal. Azt is megemlíti, hogy „A kicsapódási magvak általában 2 csoportra oszlanak: cseppképző és kristályképző magvakra.” A cseppképző magvak „főleg a só-részecskék gyorsan felvesznek kis nedvességet”, azaz nedvszívóak. Ezzel szemben a kristályképző magvak „... szilárd parányok, amelyeknek szintén hegyei és élei vannak”, amelyek a jégkristályokhoz hasonlítanak. Majd a csapadék keletkezésével kapcsolatban megemlíti: „... nagyobb cseppű eső mindig jégkristályok megolvadásából, vagy ilyeneknek vízfelhőbe való behullása nyomán keletkezik”. Ez az elképzelés ma már nem kizárólagosan érvényes, de tükrözi az akkor világszerte elfogadott nézeteket.

A szerző nem csak a meteorológiát és a meteorológusok elnevezését próbálja magyar szóval helyettesíteni. Így a magas nyomású anticiklonokat *léghalmazatoknak*, az alacsony nyomású légköri képződményeket *légritkulatoknak* nevezi. Az utóbbi esetben azonban kénytelen az idegen szóhoz visszatérni, amikor megkülönbözteti a mérsékelt övi, illetve trópusi ciklonokat. Magyarítási próbálkozásai

csak részben maradtak fenn. Így Száva-Kováts József (lásd következő pont) a légkörtan szót mind tanszéke elnevezésében, mind könyvének címében használja.<sup>5</sup>

Ha eltekintünk a könyvet záró rövid *Éghajlatlan* című résztől, akkor Hille könyvét az *időelőrejelzéssel* foglalkozó fejezet zárja. A módszerek lényegében azonosak, mint amelyeket Aujeszky tárgyal (lásd előző pont). Ugyanakkor jelen könyv foglalkozik az előrejelzések bevalásának valószínűségével is (idézve):

a rövid 0–6 órás előrejelzéseknél	95%
a 12 " " "	90%
a 24 " " "	85%
a 36 " " "	75%

Úgy tűnik, Hille Alfréd 1943-ban már kevésbé pesszimista, mint 1926-os könyvében.

#### *A történet vége*

A huszadik század első felében megjelent meteorológiai tárgyú munkák mintegy lezárója Száva-Kováts József (1898–1980) könyve (Száva-Kováts, 1952). A szerző a magyar meteorológiaoktatás kiemelkedő alakja. Első tanszékvezető tanára az ELTE 1945-ben alakult Légkör- és Éghajlatlan Tanszékének.<sup>6</sup> Ebben a minőségében megszervezője az 1950-ben induló meteorológusoktatásnak.

„A *légkörtan* vagy *meteorológia* a Földet körülvevő légkör jelenségeivel foglalkozik” írja Száva-Kováts a könyv bevezetőjének első mondatában. Az alkalmazott területektől eltekintve, a tudományág három részre, elméleti légkörtanra, általános légkörtanra és éghajlatlanra tagozódik. „Az *elméleti légkörtan* a meteorológiának az az ága, amely a légköri

<sup>5</sup> Egyes egyetemeken (például Pannon Egyetem) a meteorológiai tantárgyat ma is légkörtannak nevezik.

<sup>6</sup> 1953-tól a tanszék neve: Meteorológiai Tanszék.

jelenségeket exakt módon, a matematika és fizika módszereivel és törvényeivel magyarázza.” Ezt ma dinamikus meteorológiának nevezzük. „Az *általános légkör*tan a légköri jelenségek fizikai leírásával és magyarázatával foglalkozik. Nevezik *fizikai meteorológiának* is.” Ezzel a mai olvasó is egyetért, hozzátéve, hogy a dinamikus meteorológia tárgyköre elsősorban a légköri mozgások, míg a fizikai meteorológia (vagy légkörfizika) a többi fizikai jelenség (például: napsugárzási törvények, felhőfizika, légköri radioaktivitás és elektromosság stb.) leírását öleli föl. A két tudományágat a termodinamika köti össze. Végül: „Az éghajlaton a földfelszín egyes helyein fellépő időjárások összesítésével, vagyis az éghajlattal foglalkozik.” A meghatározás első pillanatra helyesnek tűnik, de ezen a fokozaton a kutatás később túllépett. Gondoljunk csak a múlt, jelen és jövő éghajlatát szimuláló bonyolult klímamodellekre.

Könyvének elején Száva-Kováts a légkör összetételéről értekezik. „A fontosabb *vendég-gázok*: a vízgőz, széndioxid és ozon” olvashatjuk egyebek között ebben a részben. A felsorolás is mutatja, hogy még mindig a levegőkémia robbanásszerű fejlődése előtt vagyunk (lásd Mészáros, 2008). Szerző külön említi a levegőben lévő szilárd és cseppfolyós részecskéket, amelyeket aeroszol helyett helytelenül „légplanktonnak” vagy egyszerűen szennyeződéseknek nevez. Ugyanakkor helyesen leszögezi: „A Föld légköre felfelé fokozatosan ritkulva, lassan megy át a bolygóközi tér laza anyagába.” A légkör szerkezetével kapcsolatban, megemlítve, hogy az összetétel mintegy 18 km magasságig változatlan (a helyes szám 80 km, lásd fent), Száva-Kováts a következő rétegeket különbözteti meg: troposzféra, sztratoszféra, ozonoszféra, ionoszféra és exoszféra. Megismétli azt a régi pontatlan nézetet (könnyű ezt

jelen tudásunk tükrében kijelenteni), amely szerint az ozon nem a sztratoszférában, hanem fölötte, 40 és 80 km között helyezkedik el, ahol jelenléte miatt magas a hőmérséklet. A szerző azonban maga is bizonytalan, mivel megemlíti: „Gumiballonokkal 30 km magasságig felvitt színeképíró műszerek azt a meglepő tényt mutatták ki, hogy az ozon legnagyobb mennyiségben 25-30 km közti rétegben található, tehát nem is az ozonoszférában, hanem a sztratoszférában.” Azóta kiderült, hogy a két légköri tartomány (sztratoszféra és ozonoszféra) egybeesik, és mintegy 15-50 km között helyezkedik el.

A *Sugárzások* című fejezet tartalma lényegében korrekt, megegyezik a mai elképzelésekkel. Egyetlen kivétel a levegő üvegházhatásával foglalkozó rész. A múlt éghajlatváltozásaival kapcsolatban Száva-Kováts Svante Arrhenius elképzelését idézi, amely szerint felmelegedés akkor következik be, amikor a vulkánkitörések miatt feldúsul a légkör széndioxid tartalma. Ez növeli a párolgást, ami dús növényzet kialakulásához vezet, s ez hűteni kezdi a levegőt. Majd hozzáteszi: „Ez a feltevés nem állja meg a helyét, mert kimutatták, hogy a légkör jelenlegi széndioxid tartalma már a lehető legnagyobb elnyelődést gyakorolja, mert elnyeli az abszorpciókörébe tartozó összes hullámhosszakot, és így ennek a gáznak további gyarapodása az üvegházhatásban már nem tudna lényeges változást előidézni.” Úgy látszik, hogy a század közepén, legalábbis Magyarországon, még nem kísértett a globális felmelegedés.

A hőmérséklet tárgyalása után a szerző külön fejezetben mutatja be a víz légköri útját. Kiemelendő, hogy nemcsak a felhőképződés nagyléptékű, hanem mikrofizikai (kondenzáció elmélete, kondenzációs és szublimációs magvak) folyamatait is felvázolja. A

felhők és ködök, valamint a légköri csapadékfajtáinak és -formáinak szokásos ismertetése mellett<sup>7</sup> magyar nyelven először írja le helyesen a csapadékképződés folyamatait. Ebből következik, hogy ismeri a nemzetközi irodalmat, hiszen a csapadékképződés „ütközéses” elméletét csak a negyvenes évek végén dolgozták ki. Így megállapítja: „A cseppek lecsapódásuk során legtöbbször nem érik el azt a nagyságot, ami a földfelszínig tartó útra elegendő volna. [...] A további növekedés hullás közben jön létre, mégpedig úgy, hogy a különböző nagyságú és sebességű cseppek egymást utolérik és összefolynak.” Majd rámutat, hogy vegyes halmazállapotú felhőkben a folyadék-cseppek és jégkristályok különböző telítettségi gőznyomása miatt „A folyamat a vízcseppek párolgás útján való elfogyásához, másfelől a jég szemek megszaporodásához és megnövekedéséhez vezet”. Ezen a folyamaton alapul a mesterséges esőkeltés, amiről a fejezetben szintén olvashatunk.<sup>8</sup>

A levegő nyomásával és mozgásával foglalkozó fejezet érdeme, hogy Száva-Kováts matematikai egyenleteket vezet le a légkör mozgását előidéző erők illusztrálására (a matematikai formalizmus az eddigi művekben közel sem általános). Így megadja a nyomási gradiens erő, valamint az eltérítő erő formuláit. Innen már csak kis lépés lett volna, hogy felírja a légköri mozgásegyenleteket, amelyek a mozgásvektor időbeli változásait a jelenlegi térbeli eloszlások (például légnyomás) függvényében adják meg. Ez lehetőséget nyújtott volna a időjárás számszerű előrejelzésének

megemlítésére, amely azóta forradalmasította a meteorológiai prognózisokat.

A levegőfajták (ún. légtömegek) rövid ismertetése után következik a könyv talán két legkiemelkedőbb fejezete, amelyek részletesen ismertetik (sokkal részletesebben, mint az előző művek) a légköri frontokat, valamint a ciklonokat és anticiklonokat. A mai olvasó számára kissé meglepő, hogy a frontok leírása megelőzi a *Ciklonok és anticiklonok* című fejezetet. Ez azonban formális kérdés. Sokkal fontosabb, hogy ez utóbbi fejezetből megismerkedhetünk a ciklonok és anticiklonok korszerű keletkezési elméletével. Ennek nyilván az akkori meteorológushallgatók képzése szempontjából is nagy jelentősége volt.

A *légkör fényjelenségei* című fejezetből egyebek mellett megtudhatjuk, hogy a nap sugárzás szóródása fordítva arányos a hullámhossz negyedik hatványával, amennyiben a szóró részecskék (molekulák) jóval kisebbek, mint a hullámhossz (Rayleigh-féle elmélet). Ezért az ég kék színű. Ugyanakkor a levegőben lévő „idegen részecskék” (pl. vízcseppek, jégkristályok, porszemek stb.) mérete jóval nagyobb, mint a levegőmolekuláké, ezért jegyzi meg Száva-Kováts: „... a fenti törvényszerűség már nem érvényes. *Clausius* szerint pl. az apró vízcseppek úgy szórnak, hogy a szórt fényben a sugarak erőssége hullámhosszszuknak csak 2. hatványával van fordított arányban”. A mondatból kiderül, hogy a termodinamika nagy alakja légköri optikával is foglalkozott. Sajnos azonban a megállapítása nem helyes. Ebben a mérettartományban a szórás független a sugárzás hullámhosszától (Mie-féle elmélet, lásd Mészáros, 2008). Ennek bizonyítéka a felhők fehér színe.

A szerző rövid fejezetet szentel a hanghullámok légköri terjedésének és a hangsebesség kiszámításának. Majd felsorolja a meteo-

<sup>7</sup> Minden fejezet foglalkozik az illető meteorológiai elem mérési módszereivel. Ezekre jelen tanulmányban nem térünk ki.

<sup>8</sup> Ti.: azért nincs csapadék, mert nincs elegendő jégkristály a felhőben. Mesterséges jégmagvakkal meg kell növelnünk koncentrációjukat.

lógiai eredetű hangokat a villámlástól egészen az eső kopogásáig. Az utolsó fejezet a légkör elektromos jelenségeivel foglalkozik. Száva-Kováts ismerteti a légköri ionok keletkezésének okait. Így helyesen mutat rá, hogy a Föld felszínének közelében a molekulák ionizációját a radioaktív anyagok sugárzása hozza létre. Foglalkozik továbbá a légköri elektromosság legfeltűnőbb jelenségeivel, így a villámlással is. A század elején elfogadott elképzeléseknek megfelelően a zivatarfelhőkben végbemenő töltésszétválasztódást a fentebb vázolt Lénárd-féle elmélettel magyarázza.

Száva-Kováts József könyve egy korszakot zár le. Egyúttal egy új időszak kezdete. A huszadik század második felében a légkörtudományt már elsősorban okleveles meteorológusok művelik, akik részben ezen a könyvön nevelkedtek. Akik a meteorológia egy-egy

részterületéről egyre több korszerű könyvet írnak.<sup>9</sup> Ez azonban már egy másik történet.

<sup>9</sup> Ez nem jelenti azt, hogy a meteorológia részterületeiről 1952 előtt nem jelentek meg könyvek. Hille művein kívül ilyen a talajközeli légrétegekkel (Száva-Kováts – Berényi, 1948), illetve a mezőgazdasági meteorológiával (Aujeszky et al., 1951) foglalkozó kötet. A még nem említett szerzők: id. Berényi Dénes (1900–1971) debreceni meteorológus professzor, és Béll Béla (1908–1988) aerológus, későbbi akadémikus.

Köszönetet mondok Bozó Lászlónak, az MTA rendes tagjának a kézirat átolvasásáért és a megjegyzésekért, valamint Puskás Mártának (Országos Meteorológiai Szolgálat Könyvtára) az irodalmi források felkutatásáért.

Kulcsszavak: *tudománytörténet, meteorológiai irodalom, magyar meteorológusok*

## IRODALOM

- Aujeszky László – Bacsó N. – Réthly A. – Tóth G. (1939): *A légkör. (A természet világa sorozat)* Kir. Magy. Természettudományi Társulat, Budapest
- Aujeszky László – Berényi D. – Béll B. (1951): *Mezőgazdasági meteorológia.* Akadémiai, Budapest
- Bencze Pál – Major Gy. – Mészáros E. (1982): *Fizikai meteorológia.* Akadémiai, Budapest
- Berde Áron (1847): *Légtüneteménnyan 's a két Magyarhon égaljviszonyai 's ezek befolyása a' növényekre és állatokna.* özv. Barráné és Stein, Kolozsvár
- Bozóky Endre (1901): *Kis meteorológia.* Stampfel Károly, Pozsony–Budapest
- Hille Alfréd (1926): *A repülés eleme. Légtüneteménnyan ismeretek.* Hornyánszky Viktor Rt., Budapest
- Hille Alfréd (1943): *Légtüneteménnyan repülők számárá.* Második kiadás. Athenaeum RT., Budapest
- Mészáros Ernő (2008): *A levegő megismerésének története.* MTA Történettudományi Intézet, Budapest
- Mészáros Ernő (2013): *Meteorológia a XIX. század közepe. A nagy előd: Berde Áron.* Magyar Tudomány

- 174, 702–712. <http://www.matud.iif.hu/2013/06/09.htm>
- Réthly Antal (1921): *Időjárás és éghajlat.* Ethika Tudományterjesztő és Könyvkiadó, Budapest
- Réthly Antal – Bacsó Nándor (1938): *Időjárás-éghajlat és Magyarország éghajlata.* Magyar Meteorológiai Társaság, Budapest
- Róna Zsigmond (1907–1909): *Éghajlattan I–II.* K. M. Természettudományi Társulat, Budapest
- Steiner Lajos (1931): *Az időjárás.* Magyar Szemle Társaság, Budapest <http://mek.oszk.hu/04000/04030/html/>
- Száva-Kováts József (1952): *Általános légtüneteménnyan.* Tankönyvkiadó, Budapest
- Száva-Kováts József – Berényi Dénes (1948): *A talajmenti légréteg éghajlata (mikroklima és növényklima).* Országos Meteorológiai és Földmágnességi Intézet, Budapest
- Tóth Ágoston (1929): *Bevezetés a meteorológiába. (Szent István Könyvek)* Szent István Társulat kiadása, Budapest